

Aus der Abteilung für Röntgen-Diagnostik in der
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Universitätsklinik und Poliklinik für
Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Hamburg
(ehem. Direktor: Prof. Dr. Dr. B. Rottke)

**INFORMATIONSGEHALT UND EINSATZMÖGLICHKEITEN
EINES KOMBINIERTEN SCHICHTGERÄTES (SCANORA)
IN DER ZAHN-, MUND- UND KIEFERHEILKUNDE.**

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg

vorgelegt von
Hilke Balzer

aus Schleswig

Hamburg, 1999

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am: 18. Januar 2000

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Sprecher: Prof. Dr. H.-P. Leichtweiß

Referent: Prof. Dr. Dr. B. Rottke

Koreferent: Prof. Dr. U. Rother

In Dankbarkeit meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|-----------|
| Inhaltsverzeichnis | I |
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Literaturübersicht | 3 |
| 2.1 Die konventionelle Tomographie..... | 3 |
| 2.1.1 Geschichte..... | 3 |
| 2.1.2 Technische Grundlagen..... | 6 |
| 2.1.3 Mehrdimensionale Verwischungsformen | 8 |
| 2.1.4 Indikationen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde | 9 |
| 2.2 Das Panoramaschichtverfahren..... | 15 |
| 2.3 Das SCANORA-Röntgenschichtgerät | 18 |
| 2.3.1 Darstellungsprinzipien..... | 18 |
| 2.3.2 Strahlenbelastung | 22 |
| 2.3.3 Indikationen | 23 |
| 3. Material und Methode | 27 |
| 3.1 Aufnahmeverfahren und -bereiche..... | 27 |
| 3.2 Phantomaufnahmen..... | 31 |
| 3.3 Patientenaufnahmen..... | 37 |
| 4. Ergebnisse | 39 |
| 4.1 Phantomaufnahmen..... | 39 |
| 4.2 Patientenaufnahmen..... | 39 |
| 4.2.1 Gesamtübersicht..... | 39 |
| 4.2.2 Abbildungsregionen | 40 |
| 4.2.3 Jahresverteilung..... | 42 |
| 4.2.4 Indikationen und Verdachtsdiagnosen | 43 |
| 4.3 Auswertung der Patientenaufnahmen | 47 |
| 4.3.1 Gesamtauswertung der Abbildungsregionen..... | 47 |
| 4.3.2 Einzelauswertung der Abbildungsregionen | 52 |
| 4.3.3 Diagnostische Wertigkeit der Abbildungsregionen | 59 |
| 5. Diskussion | 63 |
| 6. Zusammenfassung | 73 |
| 7. Literaturverzeichnis | 74 |
| 8. Danksagung | 81 |
| 9. Lebenslauf | 82 |
| 10. Erklärung | 83 |

1. EINLEITUNG

Seit der Erstbeschreibung der Röntgenschichtaufnahme im Jahre 1922 durch BOCAGE ist die Tomographie ständig weiter entwickelt worden (POHL 1927, ZIEDESSES des PLANTES 1933, GROSSMANN 1935, TOBB 1950, REICHMANN 1972, REISNER u. GOSEPATH 1973). Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der überlagerungsfreien Darstellung von knöchernen Strukturen. Es gelingt die verbesserte Abbildung von pathologischen Befunden und angrenzenden anatomischen Strukturen.

Mit der Einführung der Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) mit ihren Möglichkeiten der Schichtdarstellungen und dreidimensionalen Rekonstruktionen der untersuchten Region treten konventionelle Röntgenschichtverfahren zunehmend in den Hintergrund. Nachteile dieser modernen Verfahren sind jedoch, daß sie nicht flächendeckend zur Verfügung stehen sowie die höheren Kosten dieser bildgebenden Verfahren. Die Vorteile von CT und MRT liegen hingegen in der höheren Detailauflösung, der Erfassung von umgebenden Weichteilstrukturen sowie der Möglichkeit der dreidimensionalen und multiplanaren Rekonstruktion.

In der maxillofacialen Röntgendiagnostik sind konventionelle Übersichtsaufnahmen in zwei oder sogar drei Ebenen in vielen Fällen nicht ausreichend. Aufgrund der komplexen Anatomie kommt es häufig zu Überlagerungen, die eine genaue diagnostische Beurteilung des Gesichtsschädels erschweren. Eine überlagerungsfreie und damit verbesserte Darstellung gelingt hier durch Anfertigen einer Tomographie. Darüber hinaus ist in der Röntgendiagnostik besonders die Panoramaschichtaufnahme, als spezielles Aufnahmeverfahren, zu erwähnen. Diese gestattet die Beurteilung des Ober- und Unterkiefers einschließlich der Kiefergelenke sowie Teile des caudalen Mittelgesichtes. Die Vielzahl unterschiedlicher konventioneller Verfahren erfordert in der maxillofacialen Röntgendiagnostik eine Reihe von unterschiedlichen Röntgengeräten.

Mit der Einführung des SCANORA-Röntgengerätes (Fa. Soredex Orion Corporation Ltd., Finnland) wird ein Röntgengerät verfügbar, das speziell für den Kiefer- und Gesichtsbereich konzipiert ist und unterschiedliche Röntgengeräte in sich vereint. Es ist mit diesem Gerät möglich sowohl Panoramaschicht-, Übersichts- und Mehrprojektionsaufnahmen anzufertigen, als auch mit Hilfe einer spiralförmigen Ablaufbahn konventionelle Tomographien zu erzeugen.

Ziel dieser Arbeit ist es, die in der Literatur zahlreich beschriebenen Einsatzmöglichkeiten SCANORA-Röntgengerätes bei unterschiedlichen Fragestellungen in der Zahn-, Mund-, Kieferheilkunde zu beurteilen (IIZUKA et al. 1991, TAMMISALO u. TAMMISALO 1991, HALLIKAINEN et al. 1992, GRÖNDAHL et al. 1993, SPAHN 1994, KAEPLER et al. 1995).

Hierbei wird der Schwerpunkt dieser Untersuchung auf die Anfertigung und Auswertung der konventionellen spiralförmigen Tomographie gelegt. Die Darstellungsprinzipien der Übersichts- und Mehrprojektionsaufnahmen werden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1 DIE KONVENTIONELLE TOMOGRAPHIE

2.1.1 Geschichte

Das Röntgenschnittverfahren hat seit über 50 Jahren einen festen Platz in der Diagnostik. Das Grundprinzip des Schnittverfahrens beruht auf einer koordinierten Bewegung zweier Teile des Fokus-, Objekt-, Filmsystems, wodurch eine Verwischung der vor und hinter der Objektschicht liegenden Bereiche zustande kommt. Das Ziel ist die optimale isolierte Abbildung der Objektschicht.

Die theoretischen Grundlagen werden im Jahre 1921 von BOCAGE entwickelt. Am 3. Juni 1921 erhält er für seine Methoden der Körperschichtdarstellungen ein Patent. Dieses Patent wird 1922, ein Jahr vor dem Tode von Conrad Wilhelm Röntgen, veröffentlicht. Seine Erfindung wird jedoch nie anderweitig publiziert noch kam es zu einer konstruktiven Verwirklichung seines Schnittgerätes. In seiner Patentschrift beschreibt er drei koordinierte Bewegungsmöglichkeiten von Röhre und Film.

Methode BOCAGE 1 gibt eine Transversalbewegung, zum Beispiel eine Sinusbewegung, an. In der Methode BOCAGE 2 wird eine Kreis- oder Spiralbewegung beschrieben. Die Methode BOCAGE 3 nennt eine beliebige Bewegung auf einer Kugeloberfläche. Für alle drei Bewegungsabläufe gilt, daß sie auf parallelen Ebenen stattfanden.

PORTES und CHAUSSE (1922) sowie POHL (1927) befassen sich ebenfalls mit der Darstellung von Körperschichtaufnahmen und müssen sich gleichfalls lediglich mit der Erteilung von einem Patent begnügen, denn auch ihre theoretischen Grundlagen eines Körperschichtgerätes werden nie in die Praxis umgesetzt. PORTES und CHAUSSE reichen ihre Patentschrift nur vier Monate nach BOCAGE ein. Es wird in diesem Patent nicht nur die Darstellung einer Körperschicht durch spiralförmige und kreisförmige Ablaufbahnen von Röhre und Film auf planparallelen beschrieben, sondern auch die maximale Konzentration von Röntgenstrahlen bei der Tiefentherapie.

Im Jahre 1934 gelingt es dem amerikanischen Techniker KIEFER sein 1929 beantragtes Patent in die Praxis umzusetzen. Er nennt sein konstruiertes Gerät „X-Ray Focusing Machine“. Zu diesem Zeitpunkt haben allerdings in Europa BARTELINK (1933), VALLEBONA (1933) sowie ZIEDESSES DES PLANTES (1933) schon praktisch mit verschiedenen Röntgenschnittverfahren gearbeitet.

Die Geschichte der Tomographie wird bis Mitte des 20. Jahrhunderts durch unterschiedliche Techniken und Begriffe geprägt.

BARTELINK (1933) und ZIEDESSES DES PLANTES (1933) gebrauchen den Begriff der „Planigraphie“. Bei dieser Technik bewegen sich Röntgenröhre und Kassette mit wiederholenden Ablaufbahnen (spiralförmig, kreisförmig oder linear) auf konstanten Ebenen.

VALLEBONA (1933) beschreibt das Verfahren der „Stratigraphie“. Es werden 3 Stratigraphen von VALLEBONA entwickelt. Beim ersten und zweiten Typ, die vor allem für Aufnahmen des Schädels konzipiert sind, finden bei ruhender Röntgenröhre und ruhendem Film eine Drehbewegung des Patienten um eine zur Filmebene parallele Achse statt. Beim Stratigraph 3 verbleibt der Patient in Ruhe. Das starr gekoppelte System aus Röhre und Film bewegt sich um einen Drehpunkt auf unterschiedlichen Ebenen. Die möglichen Ablaufbahnen entsprechen die der „Planigraphie“.

KAUFMAN stellt 1936 eine Apparatur vor mit der Schichten im Objekt nicht nur dargestellt, sondern auch exakt lokalisiert und reproduziert werden können. Er nennt sein Verfahren „Planeographie“.

Mit dieser Bezeichnung soll die Differenzierung zur „Planigraphie“ und „Stratigraphie“ deutlich werden. Als KIEFFER von dem Begriff der „Planeographie“ erfährt, schreibt er in einem persönlichen Briefwechsel mit KAUFMAN folgendes: „I think your differentiation of names is a very good one. Although the basic mathematics are similar to planigraphy, the procedures and results are different“ (WEBB 1990).

Der Begriff der „Tomographie“ wird von GROSSMANN (1935) eingeführt. Röntgenröhre und Kassette sind fest in einem bestimmten Winkel angeordnet. Der Schnittpunkt befindet sich allerdings stets parallel zur untersuchenden Körperschicht. GROSSMANN (1935) behauptet aufgrund von zahlreichen Untersuchungen und geometrischen Berechnungen, daß die konstruktiv viel einfacher zu verwirklichende eindimensionale Bewegung von Röhre und Film der mehrdimensionalen Bewegung gleichwertig ist. Bei großen Störobjekten ist die eindimensionale Verwischung der mehrdimensionalen Verwischung sogar überlegen.

Die Geschichte der Tomographie ist durch Röntgenschnittgeräte mit pluridirektionalen Ablaufbahnen charakterisiert. Eines der ersten Geräte dieser Art, das auf dem Markt erhältlich ist, ist das POLYTOME. Dieses Tomographiegerät wurde von MASSOT entwickelt und basiert auf der Patentschrift von SANS und PORCHER (TOBB 1950).

Der Prototype des POLYTOMES ist dadurch charakterisiert, daß der Patient in sitzender oder liegender Position untersucht werden kann. Ersteres eignet sich besonders zur Untersuchung von pulmonalen Erkrankungen. Die Diagnostik des Schädels ist hingegen besser am liegenden Patienten durchzuführen. 1960 gibt es bereits einige hundert POLYTOME-Einheiten in Europa.

Die frühe Entwicklungsgeschichte der konventionellen Tomographie beeinflusst die Entwicklung der Computertomographie. Bereits 1940, dreissig Jahre bevor die Computertomographie in die Röntgendiagnostik Einzug hält, werden von FRANK (1940) in einem Patent die Grundlagen des heutigen computergestützten diagnostischen bildgebenden Verfahren beschrieben. Es ist nicht bekannt, ob seine Theorien praktisch umgesetzt werden. TAKAHASHI und MATSUDA (1960), die durch ihre wissenschaftliche Arbeit wesentlich zur Entwicklung des heutigen Computertomographen beitragen, führen in den Jahren von 1945 bis 1953 zahlreiche Experimente zur Darstellung der transversalen Körperschicht durch. Ihre Apparaturen ähneln, ohne Kenntnis über westliche Tomographieentwicklungen, denen von VALLEBONA (1933). Der erste Prototyp eines Computertomographen (CT) wird Anfang der siebziger Jahre von HOUNSFIELD (1973) nach seinem eigenem Patent von 1968 hergestellt. Dieser Computertomograph ist ebenso wie die ersten ab 1974 in Serie produzierten CT, für Schädeluntersuchungen konzipiert. Es wird eine Scheibe des Körpers in axialer Richtung zur Körperachse mit einem gekoppelten Röhren-Detektor-System abgetastet. Der Computer berechnet Schwächungskoeffizienten der einzelnen Strukturen und setzt sie in ein Bild um. Das Objekt wird wahlweise auf einem Monitor oder einem Röntgenfilm sichtbar gemacht.

Die Ziele der Tomographie, die durch die unterschiedlichsten Techniken verwirklicht werden sollen, werden von STIEVE (1972) zusammengefaßt:

1. Lokalisation und Deutung bestimmter, auf der Übersichtsaufnahme bereits sichtbarer, Strukturen.
2. Abbildung von Details in Objekten, in denen aufgrund klinischer Befunde oder durch indirekte Zeichen im Röntgenbild pathologische Prozesse vermutet werden.
3. Darstellung bestimmter anatomischer Details, die auf der Übersichtsaufnahme nicht oder nur schwer erkennbar sind.
4. Überlagerungsfreie Darstellung einzelner Organe und Organteile.

Diese Anforderungen stehen auch heute, neben der Bildqualität, bei der Anfertigung von Röntgenschichtaufnahmen im Vordergrund. Nur so ist gewährleistet, daß die resultierenden Befunde als Grundlage für therapeutische Entscheidungen genutzt werden können (BECKER et al.1978).

2.1.2 Technische Grundlagen

Bei der Anfertigung von konventionellen Röntgenaufnahmen wird der gesamte Objektbereich durchstrahlt. Die Strahlen treffen nach Durchdringung der Gewebe auf eine Bildplatte. Hieraus resultiert, daß sich das Röntgenbild aus einer Summation einzelner Strukturen zusammensetzt, welche nicht getrennt sondern nur überlagert dargestellt werden (LOHKAMP et al. 1977). Eine räumliche Lagebeziehung einzelner Objektdetails ist nicht möglich. Aus dieser Problematik heraus entwickelt sich die Röntgentomographie, die als Schichtverfahren eine nahezu überlagerungsfreie Darstellung von Strukturen ermöglicht (STIEVE 1972).

Das Prinzip der konventionellen Tomographie wird in der Literatur vielfach beschrieben (SWART et al. 1969, LAUBENBERGER 1980, BARGON 1983, THURN et al. 1998). Es beruht darauf, daß von drei Teilen des Aufnahmesystems bestehend aus Röntgenröhre, Röntgenfilm und Aufnahmeobjekt sich jeweils zwei bewegen und eines stillsteht. Durch die Bewegung von Röntgenröhre und Röntgenfilm in entgegengesetzter Richtung wird ein bestimmtes Organdetail, das sich in der Drehebene des Objektes befindet, scharf abgebildet. Im Gegensatz dazu werden Strukturen, die sich außerhalb dieser Drehebene befinden verzeichnet oder nicht dargestellt. Das Prinzip der Tomographie ist in der **Abb. 1** vereinfacht dargestellt.

Durch Verlagerung der Drehpunktebene kann die gewünschte Schichttiefe gewählt werden. Die Schichtdicke (Höhe der scharf abgebildeten Schicht) wird durch den Schichtwinkel beeinflusst. Der Schichtwinkel beschreibt den Winkel zwischen den Endstellungen der Röhre während des Tomographievorganges. Je größer der Schichtwinkel, desto kleiner die Schichtdicke und umgekehrt.

Allerdings bedeutet nach SWART et al. (1969) jede Tomographie auch eine Bildverschlechterung, denn je optimaler die Verwischung desto schlechter das Bild und umgekehrt. Und auch ROTTKE (1973) sieht in der Tomographie nur eine röntgenologische Ergänzung, die dem Summationsbild hinsichtlich Schärfe und Detailreichtum unterlegen ist.

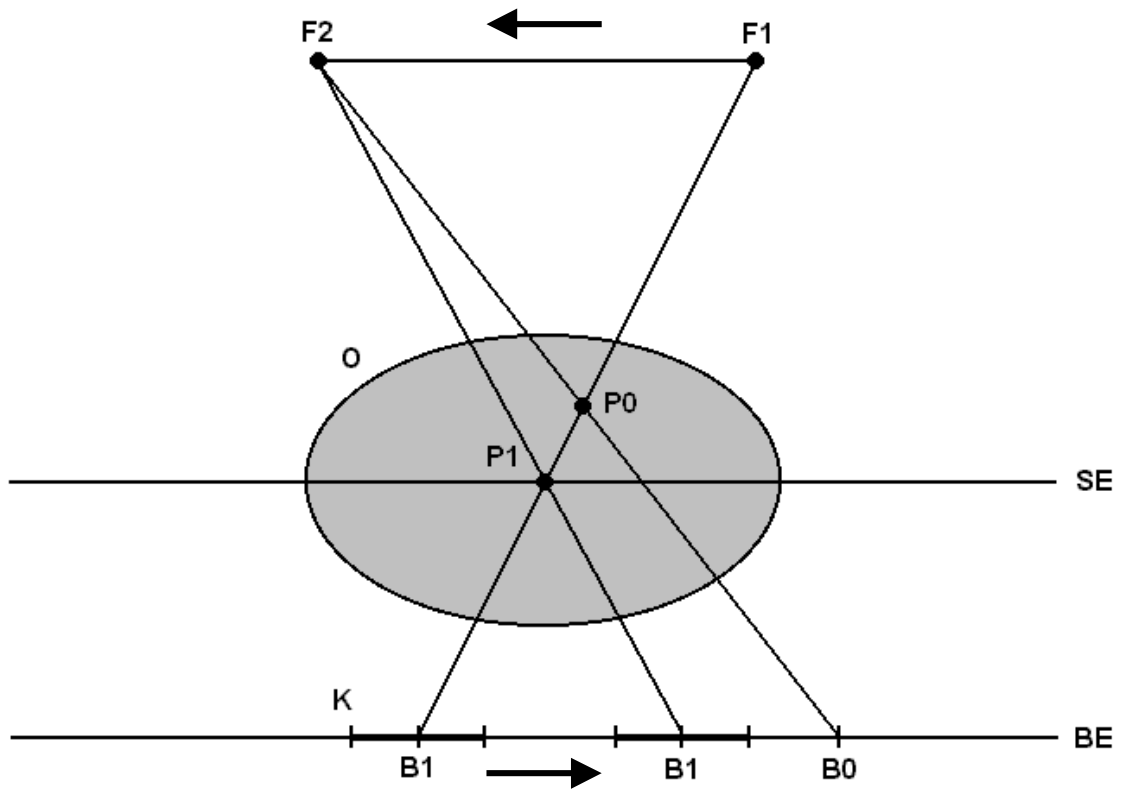


Abb. 1: Schematische Darstellung der Schichtbildaufnahme. Der Punkte P1 in der Schnitt Ebene (SE) des Objektes (O) wird zu Beginn der Aufnahme von der in F1 stehenden Röhre auf der Kassette (K) in B1 abgebildet. Bei der Bewegung der Röhre nach F2 und der Kassette in entgegengesetzter Richtung liegt der Abbildungspunkt unverändert in B1. Der außerhalb der Schnitt Ebene liegende Punkt P0, der anfangs mit B1 zusammenfällt, bewegt sich während der Röhrenwanderung nach B0 und wird somit außerhalb des Films projiziert (nach THURN et al. 1998).

Das Schichtverfahren mit linearer Verwischung ist die gebräuchlichste Technik der konventionellen Tomographie und hat sich über viele Jahre bewährt. Hierbei liegt die Schichtebene parallel zur Körperachse. Dieses Verfahren ist technisch einfach durchzuführen und aufgrund des einfachen Bewegungsablaufes der Röntgenröhre sind die Belichtungszeiten kurz. Ein Nachteil sind längslineare Streifenzeichnungen. Sie machen sich sehr störend bei Objekten, die in Verlaufsrichtung der Röhrenbewegung liegen, bemerkbar (LAUBENBERGER 1980).

2.1.3 Mehrdimensionale Verwischungsformen

Im Rahmen der Weiterentwicklung der Tomographie entstehen verschiedene Bewegungsabläufe des Schichtaufnahmesystems. So existieren heute neben der linearen die mehrdimensionalen Verwischungsformen mit kreisförmigen, elliptischen, hypozykloidalen und spiralförmigen Ablaufbahnen (**Abb. 2**).

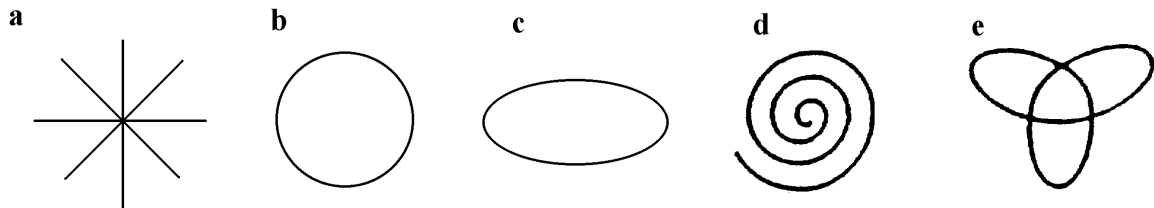


Abb. 2: Darstellung der unterschiedlichen Verwischungsformen:

a.) linear, b.) kreisförmig, c.) elliptisch, d.) spiralförmig e.) hypozykloidal.

Die Schwierigkeiten der Bewegung von Röhre und Film auf Kreisbögen besteht darin, daß der sich Film in jedem Moment der Ablaufbahn parallel zur aufzunehmenden Schicht befinden sollte.

So beurteilt ROTTKE (1971) sowohl den elliptischen als auch den kreisförmigen Ablauf der Röhre kritisch. Es kommt bei der elliptischen Bahn wegen des rotationsunsymmetrischen Ablaufs oft zu Verzeichnungen. Die kreisförmige Verwischungsform führt bei groß eingestellten Schichtwinkeln zu Fehlprojektionen. Dagegen stellen kreisförmige Bahnen mit kleinen Schichtwinkeln, wie sie bei der Zonographie Anwendung finden ein brauchbares Verfahren dar (WESTRA 1966).

Nach CASTRUP (1980) ist die Verwischungswirkung bei den komplizierten, mehrdimensionalen Schichtbewegungen (Hypozykloide und Spirale) sehr viel besser als bei den einfachen mehrdimensionalen Verwischungsformen (Kreis und Ellipse). Er zeigt experimentell anhand von Modulationsübertragungsfunktionen, daß die Unterschiede zwischen hypozykloider und spiralförmiger Verwischung nur angedeutet und nicht als imponierend zu bezeichnen sind.

Für die Diagnostik im Schädelbereich hat sich besonders die hypozykloide Verwischungsform bewährt (ROTTKE 1973). Bei der hypozykloidalen Verwischung mit dem POLYTOME (Fa. Philips) beschreibt die Röntgenröhre innerhalb von sechs Sekunden einen Weg von drei ellipsenförmigen Bahnen, so daß das Objekt in ständig wechselnden Winkeln durchdrungen wird. Es kommen sehr dünne Schichten zur Darstellung. Störschatten können vermieden werden.

GEBAUER (1978) bevorzugt aufgrund seiner klinischen Erfahrungen mit dem universellen Röntgenschichtaufnahmegerät OPTIPLANIMAT (Fa. Siemens AG) die spiralförmige Bewegung von Fokus und Film für Knochentomographien. Er begründet dies mit der Möglichkeit das Aufnahmeobjekt in allen Skelettabschnitten gut zu fixieren. Es erfolgen keine Organbewegungen. Selbst bei längeren Belichtungszeiten (5 Sekunden) ist nicht mit Bewegungsunschärfen zu rechnen. Die Dosisleistung ist während des spiralförmigen Ablaufs konstant und garantiert somit eine gleichmäßige Bildschwärzung.

GREHN und PINGEL untersuchen 1983 mit dem MULTIGRAPH (Fa. Siemens AG) eine neu eingeführte Verwischungsart: die Kleinwinkeltomographie mit spiralförmiger Verwischung (kleine Spirale). Nach Auffassung der Autoren bietet diese Aufnahmetechnik, durch Ausschaltung lästiger Störschatten, Vorteile in der Skelettdiagnostik.

2.1.4 Indikationen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Mit der Indikation der Tomographie haben sich zahlreiche Autoren befaßt (HEINROTH 1957, TÄNZER 1966, RITTER 1970, ROTTKE 1971). Eine Tomographie sollte durchgeführt wenn:

- eine Diskrepanz zwischen der Röntgenaufnahme und der Klinik besteht,
- besondere Fragen der Behandlung geklärt werden müssen (zum Beispiel ob eine Fraktur operativ oder konservativ versorgt werden sollte),
- pathologische Prozesse in Knochen- bzw. Weichteilen durch überlagernde Strukturen nicht sicher zu beurteilen sind.

Vor Anfertigung einer Tomographie sollten zunächst immer Aufnahmen möglichst in 3 Ebenen erstellt werden. In der Mehrzahl der Fälle reichen die Röntgenaufnahmen für eine gute Diagnostik aus. Die Schichtaufnahmen sind immer nur als eine Ergänzung zu bewerten. Bei speziellen Fragestellungen der Frakturdiagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde ist es allerdings unabdingbar für zusätzliche Informationen eine Tomographie des knöchernen Gesichtsschädels durchzuführen. Von besonderem Interesse sind in Hinblick auf eine chirurgische Behandlung die knöcherne Orbitabegrenzung, die vordere Schädelbasis und die Wände der Kieferhöhle (ROTTKE 1971, REISNER u. GOSEPATH 1973, LITWAN u. FLIEGEL 1986)

Die Dokumentation von Mittelgesichtsfrakturen sollte durch die Kombination von frontalen und sagittalen, gegebenenfalls auch durch axiale Schichtaufnahmen, erfolgen. HOTTON et

al. (1978) halten jedoch die axialen Tomographien für technisch sehr schwierig und ersetzen diese durch die axiale Computertomographie.

Orbita

Frakturen, die im ventralen Drittel des Orbitadaches lokalisiert sind, lassen sich in der Mehrzahl der Fälle bereits auf Übersichtsaufnahmen gut darstellen. Besonders geeignete Spezialeinstellungen sind die Orbitavergleichsaufnahme im posterior-anterioren Strahlengang und die Aufnahme nach *Rhese*. Frakturen, die sich im mittleren und dorsalen Drittel des Orbitadaches ohne Dislokation befinden, werden wegen des schrägen Wandverlaufes und des sehr dünnen Knochens auf den Übersichtsaufnahmen nicht erfaßt (FREY et al. 1989). Sowohl SCHMITT et al. (1979) als auch DOLAN und JAKOBY (1979) empfehlen zur Diagnostik von Orbitadachfrakturen neben Übersichtsaufnahmen die laterale Tomographie.

Nach BECKER et al. (1978) erzielt die konventionelle Tomographie bessere Ergebnisse als die Computertomographie. TADMOR und NEW vergleichen 1978 die Computertomographie in axialer und frontaler Schichtung mit dem Ergebnis, daß in frontaler Schichtung eine Fraktur des Orbitadaches und -bodens gewöhnlich lokalisiert werden kann, während in axialer Schichtung die Lokalisation häufig schwierig ist.

GEBAUER et al. beschreiben bereits 1959 die Schichtdarstellung der Orbita in drei aufeinander senkrechten Strahlenrichtungen:

1. Durch das frontale Schichtbild in der posterior-anterioren Projektion läßt sich die Beziehung der Orbita zur Kieferhöhle und zur vorderen Schädelbasis, sowie der medialen Orbitawand zu angrenzenden Siebbeinzellen erkennen.
2. Die horizontale Tomographie in der axialen Projektion gewährt einen Überblick über die laterale und mediale Orbitawand und ihre Begrenzung zur mittleren Schädelgrube.
3. Die seitliche Schichtung zeigt Dach und Boden der knöchernen Augenhöhle und deren vom großen Keilbeinflügel gebildeten Hinterwand.

Bei Orbitabodenfrakturen, sogenannten „Blow out fractures“, handelt es sich um Überdruckfrakturen, die zum Beispiel durch Gewalteinwirkung auf die knöchernen Augenhöhle entstehen. Wie eine Druckwelle wird zum Beispiel ein Schlag über die elastischen Anteile des Auges und über das Orbitafettgewebe auf die knöchernen Teile weitergeleitet, die dann an der dünnsten Stelle frakturieren. Die zwei schwächsten Punkte sind das mittlere Drittel des Orbitabodens entlang des Nervus infraorbitalis, also nach caudal in Richtung der Kieferhöhle und die Lamina papyracea des Siebbeines, also nach medial in Richtung der Siebbeinhöhle. Nach PEARL u. VISTNES (1979), die experimentell an 13 Leichenschädeln „Blow out fractures“ setzten kommt es häufiger zu einer Fraktur der medialen Orbitawand als des

Orbitabodens. FREITAG (1975) fertigt zur gezielten Untersuchung des Orbitarandes und des Orbitabodens die Orbitaübersichtsaufnahme im posterioren-anterioren Strahlengang an. Bei dieser Einstellung wird der knöcherne Orbitarahmen dicht über die Felsenbeinkante hinweg frei projiziert.

TÄNZER (1966), ROTTKE (1971), REISNER und GOSEPATH (1973) sehen hingegen bei Verdacht auf eine Orbitabodenfraktur, besonders wenn diese isoliert vorliegt und nicht im Rahmen einer Jochbein- oder „Le-Fort-II-Fraktur“ auftritt, die unbedingte Indikation zur Durchführung einer Tomographie. Die „Blow out fracture“ ist eine Verletzung, die unter Umständen mit erheblichen Sehstörungen einhergeht. Durch Absinken des Orbitabodens wird der Bulbus oculi nach caudal verlagert. Der Orbitainhalt, wie Fett- und Muskelgewebe, gelangen mit Knochenfragmenten in die Kieferhöhle. Das Auftreten von Doppelbildern kann durch den Tiefstand des Bulbus und den Enophthalmus, aber auch durch Schädigung des eingeklemmten Musculus rectus inferior und Musculus obliquus inferior bedingt sein. Sensibilitätsstörungen im buccalen Bereich treten durch traumatische Schädigung des knöchernen Nervenkanals des Nervus infraorbitalis auf.

Nasennebenhöhlen

Die konventionelle Röntgenaufnahme der Nasennebenhöhle im okzipito-frontalen Strahlengang besitzt neben einigen Spezialeinstellungen einen hohen Stellenwert in der Diagnostik von Nasennebenhöhlenerkrankungen. Besonders bei entzündlichen Prozessen trägt die Übersichtsaufnahme häufig zur Diagnosefindung bei (MÖDDER 1989).

FREY et al. (1992) fassen die Indikation der konventionellen Tomographie der Nasennebenhöhlen folgendermaßen zusammen:

- Mißbildungen der Nasennebenhöhle und der Nasenhaupthöhle,
- Entzündungen, insbesondere Muko- / Pyozelen, Resthöhlen, entzündliche reaktive Sklerosen und ossäre Wandveränderungen,
- Tumore: Osteome, ossifizierende Fibrome, Melanome, gutartige und bösartige Weichteiltumore,
- Systemerkrankungen (zum Beispiel fibröse Dysplasie, Morbus Paget),
- Traumatologie (zum Beispiel Le Fort I-III Frakturen, Lokalisation schattengebender Fremdkörper).

ZANELLA et al. (1983) vertreten hingegen die Auffassung Schleimhautschwellungen, besonders in Fällen polypoider Veränderungen, lassen sich am ehesten durch die Computertomographie erfassen

Kiefergelenk

Bei Frakturen im Bereich des Kiefergelenkes reichen in der Regel konventionelle Aufnahmen in 2-3 Ebenen aus. Es wird routinemäßig die Panoramaschichtaufnahme und eine Schädelaufnahme bei geöffnetem Mund des Patienten im posterior-anterioren Strahlengang, mit Kippung der Röntgenröhre um 15 Grad nach cranial angefertigt. Durch diese Einstellung soll es ermöglicht werden, das anatomisch an der Schädelbasis gelegene Kiefergelenk freizuprojizieren und zu beurteilen. In einigen Fällen ist jedoch auch in der Frakturdiagnostik die Tomographie des Kiefergelenkes erforderlich, insbesondere wenn aufgrund einer behinderten Mundöffnung die Nativdiagnostik erschwert ist (ROTTKE 1971).

Aufgrund der Anatomie ist die Schichtuntersuchung des Kiefergelenkes mit erheblichen Problemen belastet. Caput mandibulae und Fossa mandibularis sind auf engem Raum stark gewölbt. Die asymmetrische Walzenform des Kieferköpfchens mit ihren Formvariationen erschwert die exakte tomographische Einstellung und Darstellung (TREHEUX u. MARTIN 1975).

Nach REISNER und GOSEPATH (1973) sind folgende Projektionen für die Darstellung des Kiefergelenkes geeignet:

- laterale Tomographie
- frontale Tomographie
- axiale Tomographie

Für die Diagnostik von destruktiven osteolytischen Prozessen im Kiefergelenksbereich ist die Tomographie im lateralen bzw. im frontalen Strahlengang zu bevorzugen. Die Tomographie des Kiefergelenkes sollte bei Fragestellungen, die einer detaillierten Darstellung der Anatomie bedürfen, erfolgen. Deformierungen bei chronischen Gelenkerkrankungen und Ankylose können häufig erst durch eine Tomographie dargestellt werden. Darüber hinaus sind Aussagen über die knöcherne Begrenzung der Capitula möglich (ROTTKE u. FUHRMANN 1980).

Unterkiefer

Vor der operativen Entfernung verlagertter Zähne im Unterkiefer ist es unter Umständen notwendig die Lagebeziehung zu benachbarten anatomischen Strukturen, insbesondere zum Canalis mandibularis, zu klären. Nervenverletzungen stellen eine ernst zunehmende und nicht seltene Komplikation dar (OSBORN et al.1985). Überlagerungen von Zahnwurzel und Nervenkanal werden in 40-80% der angefertigten Röntgenaufnahmen von Weisheitszähnen beobachtet. Hierbei kann der Nervenkanal lingual, buccal oder zwischen den Zahnwurzeln verlaufen (ENGSTRÖM u. SAGNE 1980). Die exakte Lokalisation verlagertter Weisheitszähne bezüglich des Canalis mandibularis wird dadurch erschwert, daß die Röntgenauf-

nahme eine zweidimensionale Darstellung eines dreidimensionalen Objektes ist. Liefern Panoramaschichtaufnahme oder intraoraler Zahnfilm und für die zweite Ebene eine Aufbißaufnahme oder caudo-craniale Schädelaufnahme im posterior-anterioren Strahlengang keinen eindeutigen Befund, sollte eine Tomographie angefertigt werden (ROTTKE 1971, BORROSCH 1982).

Schichtaufnahmen im Bereich des Unterkiefers sollten bei Verdacht auf Frakturen im Bereich des Kiefergelenkes, dem aufsteigenden Ast des Unterkiefers sowie im Kieferwinkelbereich erfolgen (MÖDDER u. LENZ 1991). Im Bereich des Unterkieferkörpers reichen häufig Röntgenaufnahmen in 2-3 Ebenen aus (ROTTKE 1971).

In den folgenden Tabellen sind die Röntgenbasisdiagnostik (**Tab. 1**) und die weiterführende Diagnostik (**Tab. 2**) bei Frakturen des Unterkiefers wiedergegeben.

Tab. 1: Röntgenbasisdiagnostik bei Frakturen des Unterkiefers (nach FREY et al. 1989).

| Ort | Übersichtsaufnahmen | | | | |
|---|---------------------|---------------|-------------|---------------------|------------------------|
| | enorale Aufnahme | Zahn-aufnahme | Kinn, axial | Unterkiefer, schräg | Aufnahme nach Schüller |
| Unterkiefer- | | | | | |
| körper | | | | | |
| Frontzahn | + | + | + | - | - |
| Eckzahn | + | + | + | (+) | - |
| Seitenzahn | + | + | (+) | + | - |
| Aufsteigender Unterkieferast und Kieferwinkel | + | - | - | + | - |
| Kiefergelenk und Gelenkfortsatz | + | - | - | (+) | + |

Abkürzungen und Symbole: + = regelmäßig nachweisbar, (+) = fraglich nachweisbar, - = nicht dargestellt, n. e. = nicht erforderlich.

Tab. 2: Weiterführende Röntgendiagnostik bei Frakturen des Unterkiefers
(nach FREY et al. 1989).

| Ort | Tomographie | | | |
|---|-------------|----------|----------------|-------|
| | a.p. | seitlich | Pantomographie | CT |
| Unterkieferkörper | | | | |
| Frontzahn | + | (+) | + | n. e. |
| Eckzahn | + | (+) | + | n. e. |
| Seitenzahn | + | (+) | + | n. e. |
| Aufsteigender Unterkieferast und Kieferwinkel | (+) | + | + | + |
| Kiefergelenk und Gelenkfortsatz | (+) | + | + | + |

Abkürzungen und Symbole: a.p. = anterior-posterior, CT = Computertomograph, + = regelmäßig nachweisbar, (+) = fraglich nachweisbar, - = nicht dargestellt, n. e. = nicht erforderlich.

Pathologisch anatomische Veränderungen am Unterkieferknochen wie zum Beispiel primär und sekundär osteolytische Prozesse, Sklerosen und reaktive Verdichtungen können durch konventionelle Tomographien abgeklärt werden (FREY et al. 1992). Im Rahmen der Tumordiagnostik des Unterkiefers weisen mehrere Autoren (BÄHREN et al. 1982, MEES et al. 1985, GADEMANN et al. 1986, STEUDEL et al. 1987) auf die Vorteile der Computertomographie und Kernspintomographie hin. Diese Aufnahmeverfahren ermöglichen, neben der Beurteilung von Knochendestruktionen auch die Darstellung der Tumorausdehnung in umgebende Strukturen. Bei der Fragestellung nach anatomischen Variationen und Fremdkörpern besitzt die computertomographische Untersuchung, mit der Möglichkeit der dreidimensionalen Rekonstruktion, Vorteile (WITTE et al. 1986).

Oberkiefer

Die Beurteilung von pathologisch-anatomischen Strukturveränderungen des Oberkiefers wird in der Literatur wie die des Unterkieferbereich bewertet (BÄHREN et al. 1982, MEES et al. 1985, GADEMANN et al. 1986, STEUDEL et al. 1987, FREY et al. 1992). Vor der geplanten Extraktion von Oberkieferzähnen sollte, wenn die Nativaufnahme keine ausreichende Beurteilung der Beziehung oberer Molaren oder Prämolaren zur Kieferhöhle erlaubt, eine konventionelle Tomographie durchgeführt werden (ROTTKE 1971, REISSNER u. GOSSEPATH 1973, BORROSCH 1982, KAEPLER et al. 1996).

Bei Oberkieferfrakturen handelt es in der Mehrzahl der Fälle um horizontal verlaufende Oberkieferbrüche. Bei der tiefen maxillären Querfraktur (Le Fort I) ist der zahntragende Alveolarfortsatz partiell oder komplett abgesprengt. Eine Tomographie ist in der Regel bei der tiefen isolierten Querfraktur nicht erforderlich (FREY et al. 1989).

2.2 DAS PANORAMASCHICHTVERFAHREN

Die Panoramaschichtaufnahme wird 1949 von PAATERO, Helsinki, entwickelt. Dieses Verfahren, auch Orthopantomographie genannt, basiert auf dem Prinzip der Tomographie und bildet das caudale Mittelgesicht, den Unterkiefer und die Kiefergelenke auf einer Filmebene ab (**Abb. 3**).

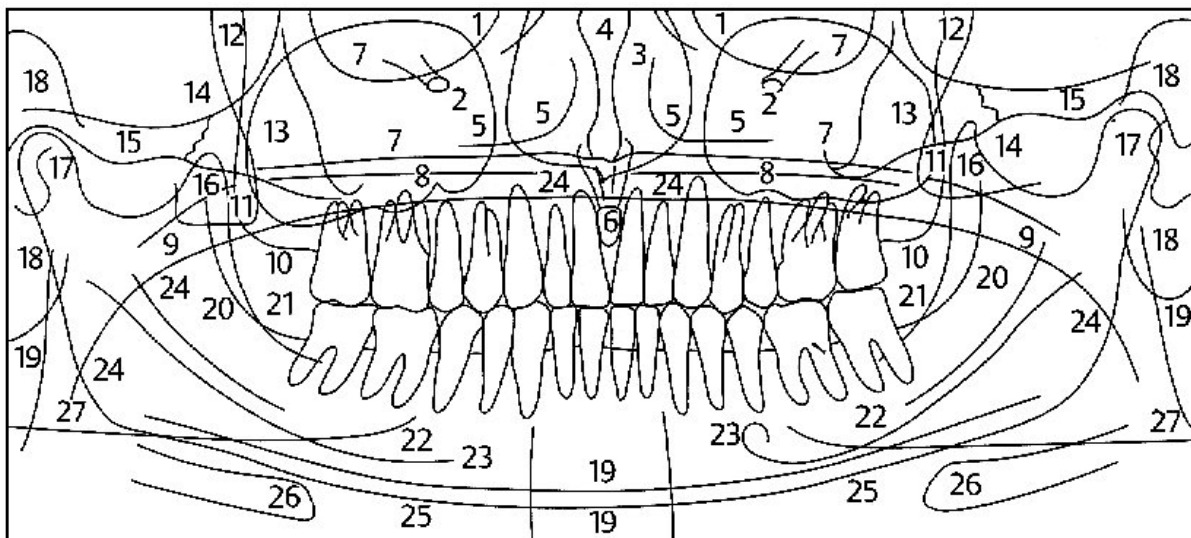


Abb. 3: Skizze einer Panoramaschichtaufnahme.

1 = Orbitae, 2 = Canalis infraorbitalis, 3 = Cavum nasi, 4 = Septum nasi, 5 = Concha nasalis inferior, 6 = Foramen incisivum, darüber Spina nasalis anterior u. Canalis nasopalatinus, 7 = Sinus maxillaris, 8 = Gaumendach und Nasenboden, 9 = Velum palatinum, 10 = Tuberculum maxillae, 11 = Processus pterygoideus, 12 = Fossa pterygopalatina, 13 = Os zygomaticum, 14 = Sutura zygomaticotemporalis, 15 = Arcus zygomaticus, Tuberculum articulare, 16 = Processus coronoideus, 17 = Kondylus, 18 = äußeres Ohr mit äußerem Gehörgang, 19 = Halswirbelsäule, 20 = Crista temporalis mandibulae, 21 = Linea obliqua, 22 = Canalis mandibulae, 23 = Foramen mentale, 24 = Zungenrücken, 25 = Kompakta des Unterkieferrandes, 26 = Zungenbein, 27 = Verwischung des Gegenkiefers (aus PASLER 1995).

Es entsteht eine Übersichtsaufnahme, die ein ausgezeichnetes Verfahren zur Diagnostik darstellt. Im Gegensatz zum Zahnfilm, auf dem die Aufnahme fast ausschließlich auf den abzubildenden Zahn beschränkt ist (PASLER 1995).

Das Prinzip der Panoramaschichtaufnahme beruht darauf, daß Film und Röhre um eine zwischen Objekt und Fokus gelegene gedachte Achse rotieren. Die darzustellende Schicht liegt somit, im Gegensatz zur Tomographie, nicht im Drehzentrum, sondern das abzubildende Objekt befindet sich zwischen dem Rotationspunkt und dem Film.

Bei der Panoramaschichtaufnahme existieren drei Rotationsachsen und drei Rotationszentren. Die Rotationsachsen befinden sich beidseitig im retromolaren Raum und auf der sagittalen Medianebene distal der Schneidezähne. Während der Aufnahme bewegt sich das Drehzentrum kontinuierlich zwischen den drei Achsen. Bei dieser Bewegung entstehen konkave Bahnen, die den Zahnbogenverlauf beschreiben.

In der **Abb. 4** ist das Prinzip der Panoramaschichtaufnahme vereinfacht und schematisch dargestellt. In der zahnärztlichen und kieferchirurgischen Routinediagnostik hat die Panoramaschichtaufnahme ihren festen Platz eingenommen. Die in der Panoramaschichttechnik hergestellten Röntgenbilder erlauben neben einer Übersicht auch den Seitenvergleich. So ergibt sich die Möglichkeit, interessante Nebenbefunde zu erheben. ROTTKE gibt 1977 an auf fast jeder zweiten Aufnahme einen Befund zu entdecken, der nicht mit der primären Fragestellung in Zusammenhang steht.

Zahlreiche Untersuchungen befassen sich mit anatomischen Strukturen, die nicht Zähne und den Zahnhalteapparat darstellen. Besondere Aufmerksamkeit gilt dem Kiefergelenk und dem Kieferhöhlenboden.

Die Darstellung der Kiefergelenksregion erfolgt auf der Panoramaschichtaufnahme in lateraler Projektion. Von zahlreichen Autoren wird diese Aufnahmetechnik als nur sehr bedingt zur Beurteilung des Collum mandibulae, des Caput mandibulae sowie der Fossa mandibularis bewertet (RITTER 1972, WINKLMAIR 1978, FREITAG u. ZIEGLER 1980).

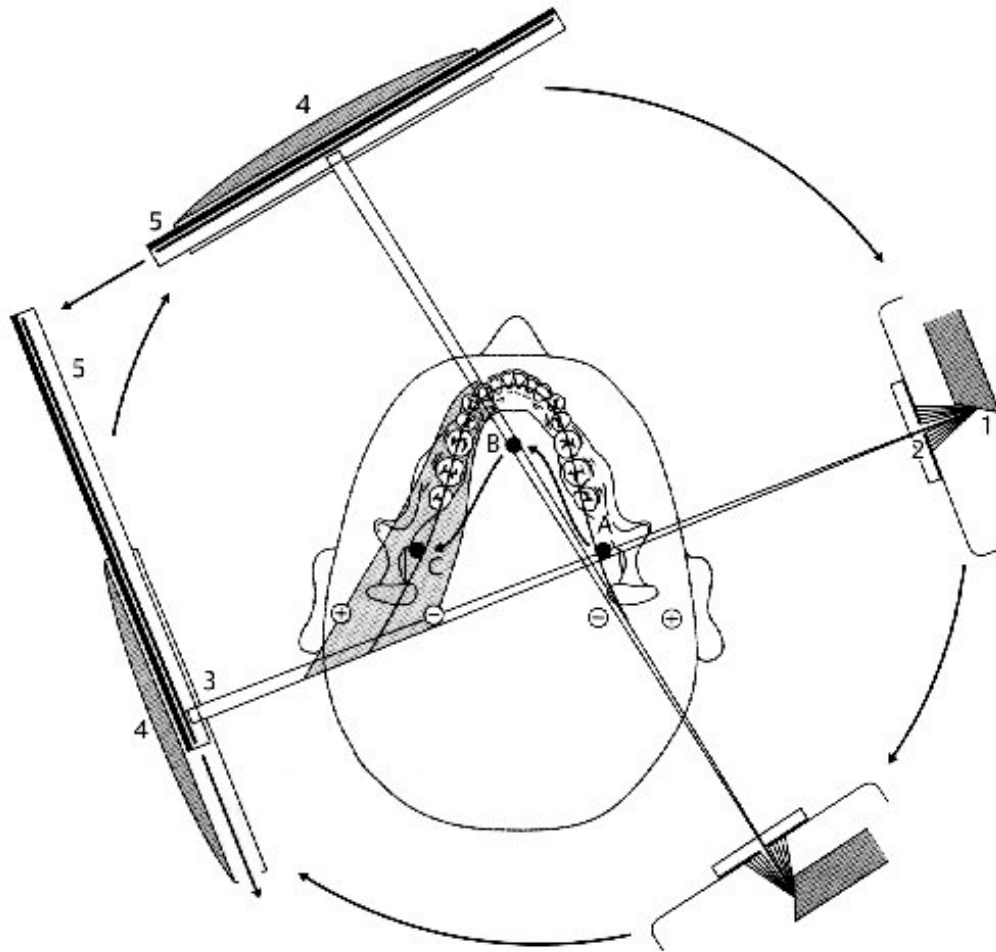


Abb. 4: Schematische Darstellung des Prinzips der Orthopantomographie.

Der im Fokus (1) entstehende Röntgenstrahl verläßt die vertikale Schlitze (2), passiert am Beginn der Umlaufbahn des Systems den Drehpunkt A und trifft, eingeeengt durch die vertikale Schlitze (3) des Kassettenträgers (4), auf die Filmkassette. Während Röhre und Kassettenträger im Uhrzeigersinn über die Drehpunkte B und C um den Kopf des Patienten rotieren (Pfeile), läuft die Filmkassette in der Gegenrichtung heraus. Dabei wird eine Schichtaufnahme, die dem Zahnbogenverlauf entspricht aufgezeichnet (aus PASLER 1995).

Die Beurteilung des Recessus alveolaris wird in der Literatur unterschiedlich bewertet. CHRISTEN et al. (1967) und HALSTEAD (1973) empfehlen die Panoramaschichtaufnahme als röntgenologische Untersuchung des Kieferhöhlenbodens. PASLER (1995) bewertet hingegen die Beurteilung des Recessus alveolaris auf der Panoramaschichtaufnahme als unsicher.

2.3 Das SCANORA-RÖNTGENSCHICHTGERÄT

Die große Anzahl und Vielfältigkeit der diagnostischen Fragestellungen im Bereich der radiologischen Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde bedarf einer individuell angepaßten Röntgenmethode (GRÖNDAHL u. EKESTUBBE 1992). Begründet ist dies unter anderem durch die große Variationsbreite der Anatomie und pathologischen Strukturen im cranio-facialen Gesichtsschädel (TAMMISALO 1989).

So können zum Beispiel nur ca. 70% der oralen Pathologie durch den intraoralen Zahnfilm und die Panoramaschichtaufnahme aufgedeckt werden (ZEICHNER et al. 1987).

Eine große Schwierigkeit in der Darstellung des knöchernen Schädels in der Röntgendiagnostik besteht in der Überlagerung von anatomischen Strukturen, auch bei Röntgenaufnahmen in 2 bzw. 3 Ebenen gelingt es nicht immer die gewünschte Struktur ausreichend abzubilden (ROTTKE 1971, REISNER u. GOSEPATH 1973). Zur Lösung dieser Problematik wurde 1989 ein Röntgengerät mit dem Namen SCANORA von der Fa. Soredex Orion Corporation Ltd., Finnland, in den Handel gebracht. Das SCANORA-Röntgenschnittgerät ist eine Multifunktionsröntgenanlage mit einer computergesteuerten Aufnahmetechnik. Die Aufnahmesoftware verfügt über ca. 850 Programme. In jedem Programm sind Darstellungsprinzip, –region und –projektion sowie Belichtungsdaten definiert. Dem Anwender wird es überwiegend frei ermöglicht, das Prinzip der Darstellung und die darzustellende Region zu wählen. Das Ergebnis der angefertigten Röntgenbilder kann so bezüglich der diagnostischen Fragestellungen optimiert werden (TAMMISALO u. TAMMISALO 1991, GRÖNDAHL u. EKESTUBBE 1992, TAMMISALO et al.1992, SPAHN 1994).

2.3.1 Darstellungsprinzipien

Die Darstellungsprinzipien, die beim SCANORA-Röntgenschnittgerät zur Verfügung stehen sind die Engstrahl-Radiographie und die Tomographie (**Abb. 5**)

Bei der Engstrahl-Radiographie wird zwischen einem linearen und rotierenden Abtastungsverfahren unterschieden.

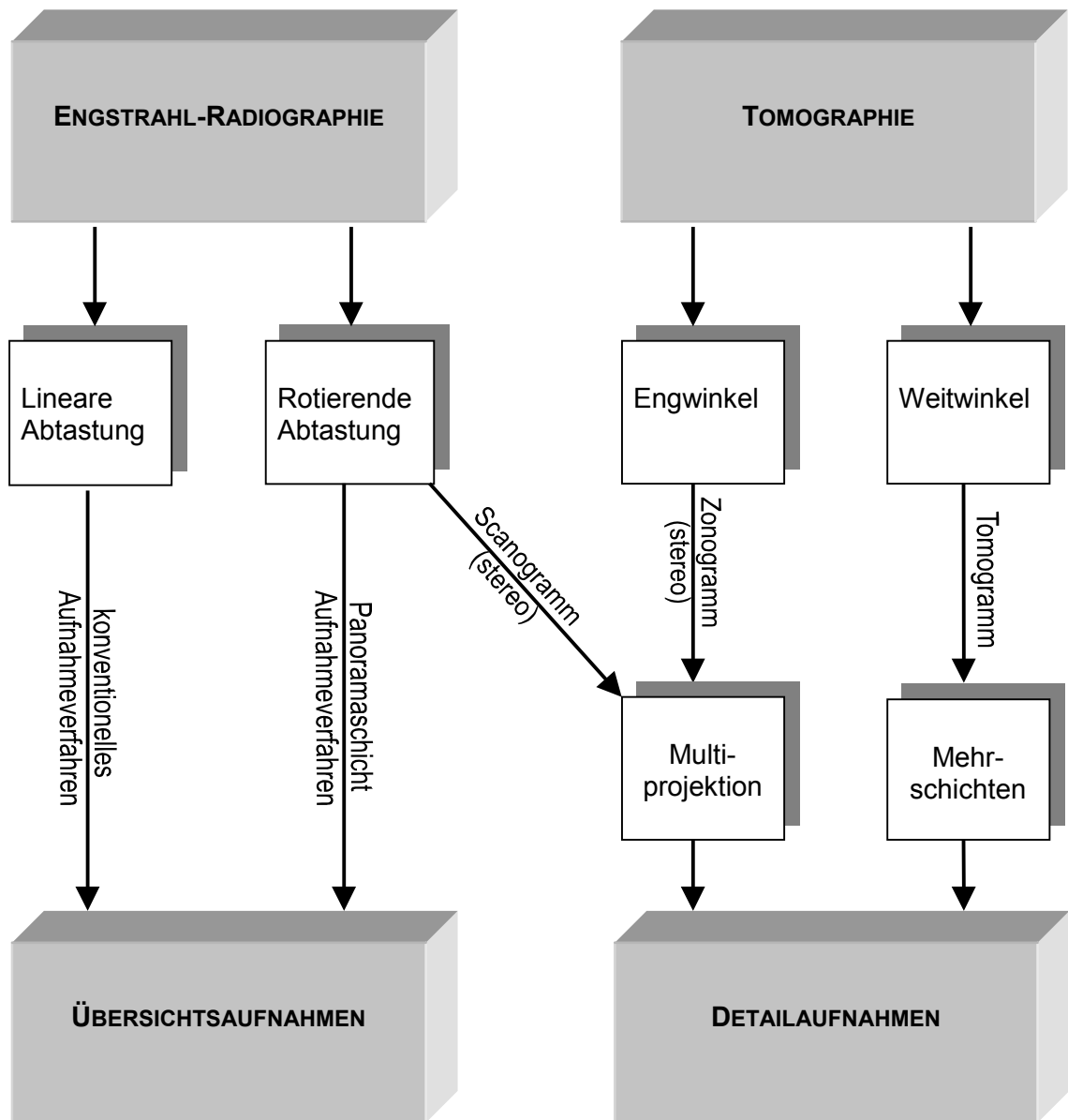


Abb. 5: Schema der Darstellungsprinzipien des SCANORA-Röntgengerätes.

Die lineare Ablaufbahn schichtet den knöchernen Gesichtsschädel parallel bzw. senkrecht zur Medianebene und ermöglicht die Darstellung des Objektes in posterior-anterior bzw. lateraler Projektion. Ein Aufnahmeverfahren, das die großflächige Darstellung von Übersichtsaufnahmen erlaubt. Es werden ein oder zwei Tomographien auf einem Film abgebildet. Die rotierende Spaltpanoramaschichtaufnahme ist von der Panoramaschichtaufnahme bekannt und wird schon früh in der Literatur beschrieben (PAATERO 1949). Dieses Aufnahmeverfahren eignet sich besonders zur Darstellung von gebogenen Strukturen, wie sie zum Beispiel im Bereich des Unterkieferalveolarfortsatzes vorliegen. Es besteht bei der Erstellung der Panoramaschichtaufnahmen mit dem SCANORA-Röntgengerät die Möglichkeit, zwischen

einem Zahn- (Dental) und Kiefer- (Jaw) Programm zu wählen. Mit dem Dental-Programm erfolgt ausschließlich die Darstellung des Zahnhalteapparates (**Abb. 6**).



Abb. 6: Dent-Panoramaschichtaufnahme, Programm 003.

Mit dem Kieferprogramm werden der aufsteigende Ast und das Kiefergelenk dargestellt. Dieses Aufnahmeverfahren entspricht der bekannten Panoramaschichtaufnahme.

MOLANDER et al. vergleichen 1995 sechs konventionelle Panoramaschichtgeräte mit dem SCANORA-Röntgengerät. Es werden sowohl das Dental- als auch das Jaw-Programm beurteilt. In der Diagnostik von periapikalen und marginalen Prozessen erhält das Dental-Panoramaprogramm der SCANORA-Röntgenanlage die beste Bewertung. Zwischen dem Jaw-Panoramaprogramm und den übrigen untersuchten Panoramaschichtgeräten besteht bezüglich der diagnostischen Aussagekraft kein signifikanter Unterschied.

Die spiralförmige Tomographie unterteilt sich in die Weitwinkel- und Engwinkeltomographie. Die Engwinkeltomographie, in der Literatur als Zonographie bezeichnet, ist ein Verfahren mit kleinem Schichtwinkel (5-10 Grad). Es können aufgrund des kleinen Winkels dickere Schichten d.h. Objektstrukturen größeren Durchmessers dargestellt werden (LAUBENBERGER 1980). Das SCANORA-Röntgengerät fertigt mit diesem Verfahren Multi-projektionsdetaildarstellungen an. Es werden zwei oder vier Abbildungen mit leicht unterschiedlichen Projektionswinkeln auf dem gleichen Film dargestellt und somit stereoskopische Bildpaare erzeugt. Die Stereoskopie beruht auf dem Effekt, daß jedes Auge aufgrund der unterschiedlichen Position ein anderes Bild wahrnimmt. Der Betrachter gewinnt einen räumlichen Eindruck. Dieses Verfahren findet seine Anwendung u.a. bei der Fremdkörperlokalisation und Lagebestimmung verlagelter Zähne (GRATT et al. 1986).

Die Form der Ablaufbahn der Tomographie ist bei dem SCANORA-Schichtgerät spiralförmig. In der Literatur wird diese Ablaufbahn, neben anderen mehrdimensionalen Verwischungsformen zum Beispiel der hypozykloidalen Bewegung, als ein optimales Darstellungsverfahren beschrieben. Aufgrund der Verwischung werden Unschärfen stets im gleichen Bereich der so entstehenden Randzonen abgebildet, so daß sich das im Zentrum befindliche Objekt ohne störende Wischschaten zur Darstellung kommt. Es wird somit die Abbildung der zu untersuchenden anatomischen Region erlaubt, ohne daß umgebende Strukturen Störschatten verursachen. Die Beurteilung von Detaildarstellungen innerhalb des knöchernen Schädels wird ermöglicht (STIEVE 1972, MATTSON 1972, ROTTKE 1973, CASTRUP 1980). Das SCANORA-Röntgenschnittgerät besitzt die Möglichkeit, die spiralförmige Tomographie mit 4 oder 8 Umdrehungen pro Spirale zu erstellen. Die Weitwinkeltomographie findet ihre Anwendung bei Detaildarstellungen von Oberkiefer, Unterkiefer, Kiefergelenk, Nasennebenhöhle und Orbitaboden. Es kann zwischen transversalen und longitudinalen Tomographien gewählt werden. Auf einem Röntgenfilm erfolgt die Darstellung von vier verschiedenen Schichten (**Abb. 7**).

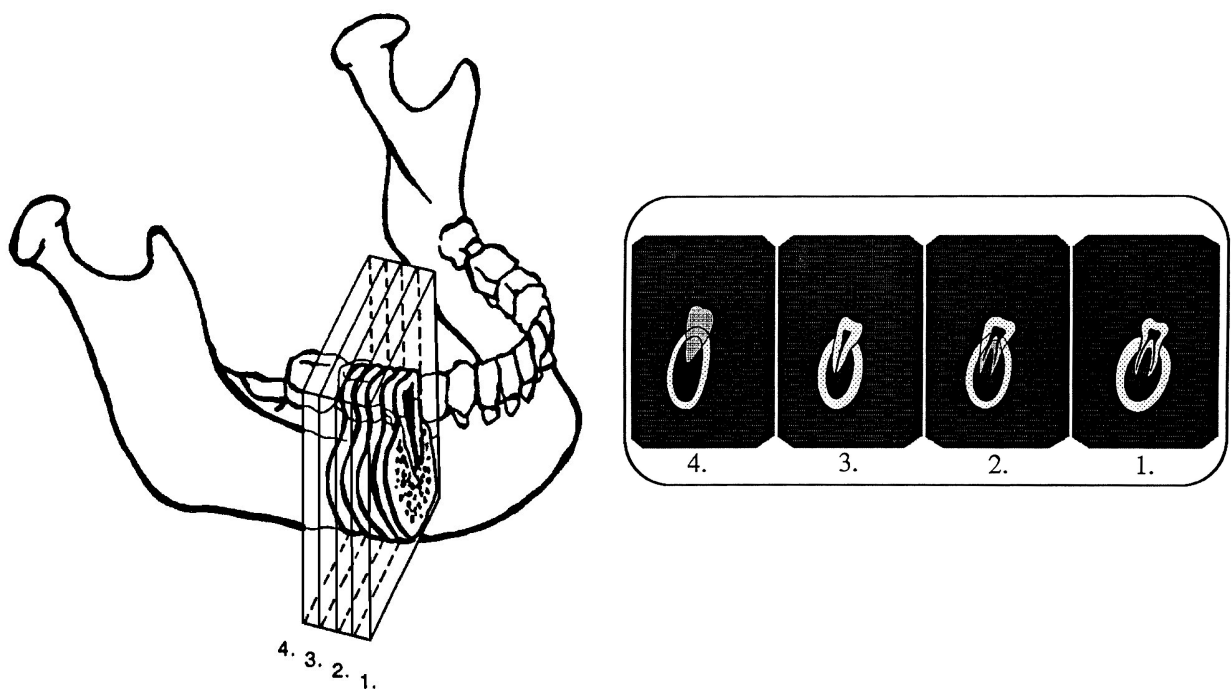


Abb. 7: Schematische Darstellung der Tomographie im Unterkiefer und Abbildung von vier Röntgenschichtaufnahmen (aus SCANORA Bedienungsanleitung, Fa. Soredex, 1992).

Die Schichtabstände und die Schichtdicken können variiert werden und sind durch dreistellige Codeziffern definiert.

Die Filmgröße, die bei den unterschiedlichen Darstellungsprinzipien zur Anwendung kommt, ist 15 cm x 30 cm. Dieses Format entspricht der Größe der Panoramaschichtaufnahme.

Die Vergrößerungsfaktoren variieren in den verschiedenen Aufnahmeprogrammen von 1,2 bis 1,7. Der kleinste Vergrößerungsfaktor wird für die lineare Spaltradiographie angegeben. Für Panoramaschichtaufnahmen mit Darstellung des Kiefergelenkes beträgt der Vergrößerungsfaktor 1,3, während bei der Tomographie, der Zonographie und bei der Panoramaübersichtsaufnahme ohne Abbildung der Kiefergelenke mit einem Vergrößerungsfaktor von 1,7 zu rechnen ist.

2.3.2 Strahlenbelastung

Die Strahlenbelastung des SCANORA-Röntgengerätes ist im Vergleich zu Tomographien, die mit hypozykloidalen Ablaufbahnen angefertigt werden, zum Beispiel Schichtaufnahmen des POLYTOMES (Fa. Philips), höher. Die Energieübertragung beträgt im Bereich des Oberkiefers für das SCANORA-Röntgengerät 1,8 milliJoule [mJ] und für das Polytome 0,78 mJ. Im Unterkiefer werden für SCANORA-Darstellungen 1,9 mJ, für Polytome-Untersuchungen 1,3 mJ angegeben. Die Strahlenrichtung und der kleinere Film-Fokus-Abstand sind für die größere Strahlenbelastung verantwortlich (EKESTUBBE et al. 1992). EKESTUBBE und Mitarbeiter vergleichen 1993 die Strahlenbelastung der Computertomographie, der konventionellen hypozykloidalen und die der konventionellen spiralförmigen Tomographie des SCANORA-Röntgengerätes bei der Planung von Implantaten. In diesem Vergleich weist die Computertomographie eine deutlich höhere Strahlenbelastung auf (**Tab. 3**).

Tab. 3: Energiedosis [mGy] der konventionellen Tomographie und Computertomographie bei der Implantatplanung (nach EKESTUBBE et al. 1993).

| | Hypophyse | Linse | Gl. parotis | Gl. submand. | SD | Haut |
|---------------------|-----------|-------|-------------|--------------|------|------|
| CT | | | | | | |
| Max. axial | 2,6 | 1,5 | 31 | 2,5 | 0,6 | 38 |
| Mand. axial | 1,7 | 0,6 | 3,4 | 27 | 1,6 | 35 |
| Mand. frontal | 1,0 | 5,5 | 0,8 | 16 | 4,0 | 37 |
| Tomographie | | | | | | |
| Max. spiral | 0,02 | 0,15 | 4,3 | 0,44 | 0,03 | |
| Max. hypozykloidal | 0,03 | 0,07 | 0,14 | 0,31 | 0,01 | |
| Mand. spiral | 0,02 | 0,02 | 0,31 | 5,3 | 0,17 | |
| Mand. hypozykloidal | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 2,8 | 0,13 | |

Abkürzungen: Gl. parotis = Glandula parotis, Gl. submandibularis = Glandula submandibularis, SD = Schilddrüse, CT = Computertomographie, Max. = Maxilla, Mand. = Mandibula, mGy = milliGray.

Im Rahmen einer Untersuchung zur Lagebeziehung von verlagerten Weisheitszähnen zum Canalis mandibularis stellen TAMMISALO und Mitarbeiter 1992 fest, daß die Strahlenbelastung bei der Anfertigung von Multiprojektionsaufnahmen, dies entspricht vier einzelnen Bildern, nur halb so groß ist wie die einer Panoramaschichtaufnahme. DULA et al. berechnen 1997 für die Implantatplanung das Mortalitätsrisiko der spiralförmigen Tomographie des SCANORA-Röntgengerätes. Das Risiko wird zwischen $31,4 \times 10^{-6}$ und $4,8 \times 10^{-6}$ angegeben. Es verringert sich um 80% wenn nur ein einzelnes Implantat geplant ist.

2.3.3 Indikationen

Durch die große Auswahl an Aufnahmeprogrammen für unterschiedliche Fragestellungen ergeben sich zahlreiche Indikationen für die Erstellung von Röntgenaufnahmen mit dem SCANORA-Röntgengerät. In der Literatur werden unterschiedlichste Einsatzgebiete beschrieben.

Die Kenntnis der topographischen Lagebeziehung zwischen Mandibularkanal und **verlagertem Weisheitszahn** ist präoperativ zur Vermeidung von Nervenläsionen von großer Bedeutung, da es sich um eine folgenschwere und nicht seltene Verletzung handelt.

KAEPPLER et al. (1995) untersuchen 31 Patienten mit insgesamt 40 tief verlagerten Weisheitszähnen mit dem SCANORA-Röntgengerät. Es werden spiralförmige Tomographien des Unterkiefers angefertigt. Die Darstellung des Mandibularkanals ist bei der vom Hersteller empfohlenen Patientenpositionierung nicht zufriedenstellend. Erst durch Anheben des Patientenkinns und somit senkrechtem Verlauf des Nervenkanals gelingt es bessere Resultate zu erzielen. In einer Studie mit 55 Patienten von HALLIKAINEN et al. (1992) ist die Lokalisation des Nervenkanals in 12,7% der Fälle schlecht und in 3,6% der Fälle gar nicht zu beurteilen. Die Ursache hierfür ist, daß das neurovaskuläre Bündel nicht von einem knöchernen Kanal umgeben wird. Des weiteren ist eine ungünstige Belichtung und Positionierung des Patienten maßgeblich. Auch sie fordern durch Anheben des Patientenkinns einen möglichst optimalen Verlauf des Mandibularkanals zu erzielen.

Ebenso untersuchen TAMMISALO et al. (1992) die Lagebeziehung zwischen verlagerten Weisheitszähnen und dem Canalis mandibularis mit dem SCANORA-Röntgengerät. Es werden 173 verlagerte Zähne mit der Engwinkel-Radiographie dargestellt. In nur 5% der Fälle stimmte die präoperativ bestimmte Lagebeziehung auf den stereoskopischen Bildpaaren nicht mit dem intraoperativen Situs überein.

FREDERIKSEN et al. (1992) vergleichen Tomographieaufnahmen und Multiprojektionsaufnahmen des SCANORA-Röntgengerätes. In dieser Untersuchung ist ein verlagertes Wurzelrest in der Kieferhöhle präoperativ durch Schichtaufnahmen besser zu lokalisieren.

Im Rahmen der Versorgung von zahnlosen Regionen im Unter- und / oder Oberkiefer hat die **Implantologie** in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen.

Bei der Implantatplanung sollte die präzise Beurteilung der vorhandenen Knochensubstanz erfolgen. Es sind die Höhe und Breite des Kieferknochens zu bestimmen. Nach Implantation soll das implantatumgebende Gewebe bezüglich Resorptionsvorgängen und Defektheilung befundet werden. Die Kenntnis der Lagebeziehung zu anderen anatomischen Strukturen, wie zum Canalis mandibularis und dem Boden der Nasen- und Kieferhöhle, ist notwendig. Es werden in der Literatur unterschiedliche Darstellungsmodi im Rahmen der Implantatplanung und postoperativen Begutachtung der Implantatversorgung mit dem SCANORA-Röntgengerät angegeben. SCHLEGEL et al. (1993) empfehlen, je nach Darstellungs- bzw. Implantatregion die lineare und rotierende Spalradiographie, sowie die Weitwinkeltomographie mit der spiralförmigen Verwischungsform. SVENSON und PALMQVIST (1996) bevorzugen bei der Beurteilung von Oberkieferimplantaten Multiprojektionsdarstellungen, die mit Hilfe der Engstrahlradiographie erstellt werden. Die Multiprojektionsaufnahmen ermöglichen im Oberkiefer die Beurteilung von anatomischen Strukturen, die palatinal lokalisiert sind. Postoperativ bietet dieses Verfahren den Vorteil die Implantate auf vier stereoskopischen Bildpaaren exakt zu beurteilen. Ebenso empfehlen TAMMISALO und TAMMISALO (1989) die rotierende Engstrahl-Radiographie, aufgrund großer Detailgenauigkeit für die postopera-

tive Implantatkontrolle. Präimplantatorisch kann zur Planung eine Tiefziehschiene, in die Metallstifte in Höhe der vorgesehenen Implantate eingearbeitet werden, zu Hilfe genommen werden. Je nach Darstellungsmodi ist bei der Befundung der Aufnahmen der entsprechende Vergrößerungsfaktor zu berücksichtigen.

Der **Ersatz des intraoralen Zahnfilmes** kann durch Multiprojektionsaufnahmen des SCANORA-Röntgengerätes erfolgen. TAMMISALO et al. vergleichen in den Jahren 1993 und 1994 in 3 Studien beide Aufnahmeverfahren. Das Ergebnis zeigt in allen Untersuchungen, daß sowohl die Zahnfilmaufnahme als auch die mit dem SCANORA-Röntgengerät erstellten Detailaufnahmen für die Diagnostik von periapikalen Läsionen, wie Osteolysen und sklerotischen Prozessen, geeignet sind.

Die angegebenen Erfolgsraten bei der Aufdeckung von periapikalen Läsionen liegen für den Zahnfilm zwischen 71% und 79%. In 85% bis 91% der Fälle können mit Hilfe von Multiprojektionsaufnahmen mit dem SCANORA-Röntgengerät entsprechende Läsionen diagnostiziert werden. Sowohl auf dem Zahnfilm als auch auf den mit dem SCANORA-Röntgengerät angefertigten Röntgenaufnahmen ist die prämolare Region im Gegensatz zur Frontzahnregion besser beurteilbar. In der Literatur wird die höhere Erfolgsrate der SCANORA-Aufnahmen durch die exzellente Darstellung der Knochenstruktur und der Möglichkeit der Abbildung der untersuchenden Region auf vier stereoskopischen Bildpaare begründet (SVENSON u. PALMQVIST 1996)

Zur **prä- und postoperativen** radiologischen Diagnostik gehören neben den Routineaufnahmen, je nach Fragestellung, spezielle Aufnahmetechniken.

Das SCANORA-Röntgengerät mit seinen zahlreichen Darstellungsmodi läßt sich sowohl in der Diagnostik von Kiefergelenks-, Unterkiefer-, Orbitaboden- und Alveolarfortsatzfrakturen, als auch zur Beurteilung von Verlaufskontrollen einsetzen (GRÖNDAHL et al. 1993). Die Engstrahl-Radiographie und die spiralförmige Tomographie werden bevorzugt.

LINDQVIST et al. (1992) bewerten postoperative Kiefergelenksrekonstruktionen mit dem SCANORA-Röntgengerät. Sie bezeichnen die Möglichkeit der Lokalisation des Caput mandibulae zur Fossa mandibularis, die sich aufgrund der ungünstigen Lage des Kiefergelenkes an der Schädelbasis häufig schwierig gestaltet, als ausgezeichnet.

Die Knochenresorption stellt ein frühes Signal der Wundheilungsstörung dar und ist somit noch vor lokalen Entzündungszeichen ein wichtiger Hinweis für einen beginnenden komplizierten postoperativen Verlauf. Aufgrund der guten Verwischung bei der spiralförmigen Tomographie lassen sich Prozesse, zum Beispiel beginnende Infektionen bei operativ versorgten Unterkieferfrakturen unter Verplattungen, gut darstellen (IIZUKA et al. 1991).

Unter dem Aspekt, daß es bei malignen Erkrankungen gehäuft zu Komplikationen im Operationsgebiet kommt, setzten SÖDERHOLM et al. (1992) das SCANORA-Röntgengerät mit

gutem Erfolg im Rahmen der radiologischen Verlaufskontrolle bei Zustand nach Unterkiefer-
teilresektionen und operativen Versorgungen mit Knochentransplantaten ein.

HARRIS und BROWN berichten 1997 über ein Fallbeispiel in dem die exakte präoperative
Lokalisation einer dentogenen Kieferhöhlenzyste durch spiralförmige Tomographien des
SCANORA-Röntgengerätes erfolgt.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1 AUFNAHMEVERFAHREN UND -BEREICHE

Technische Daten

Die Röntgenaufnahmen werden mit dem SCANORA-Röntgengerät (Fa. Soredex Orion Corporation Ltd., Finnland IEC 336) angefertigt (**Abb. 8**).

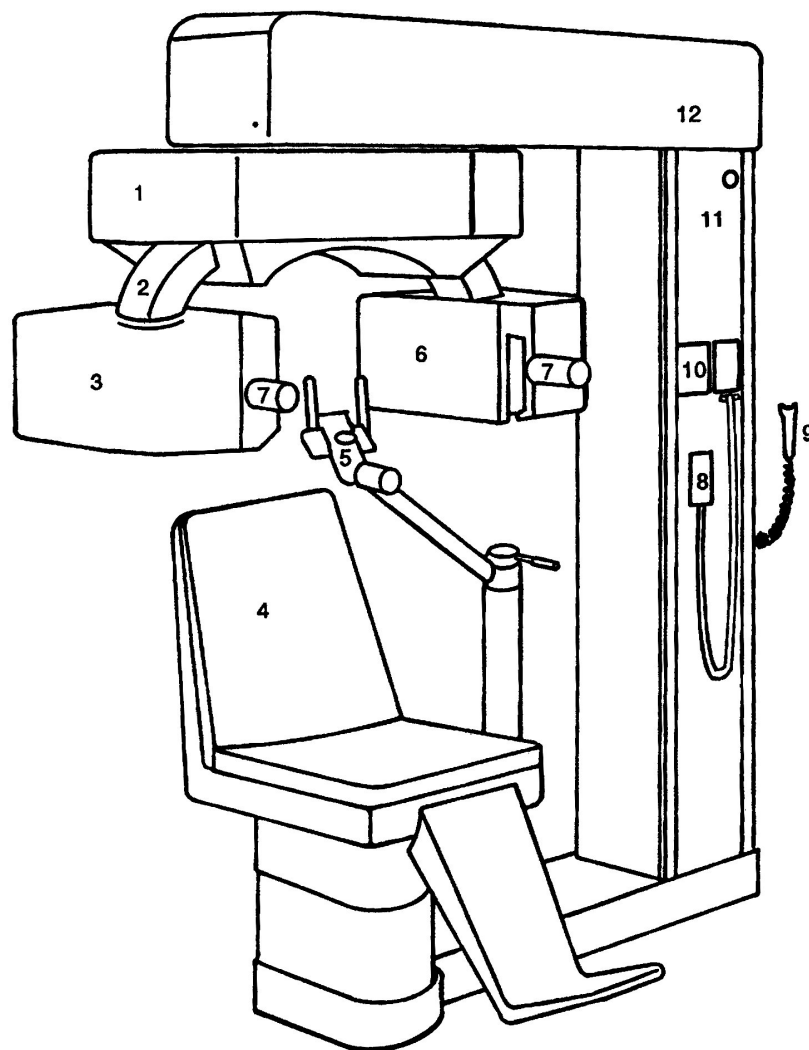


Abb. 8: Skizze des SCANORA-Röntgengerätes.

1= rotierender Balken; 2= C-Arm; 3= Röhrenhaube mit Hochspannungsgenerator; 4= Stuhl; 5= Kinn- und Kopfstütze; 6= Kassettenhalterung; 7= Lichtvisier; 8= Fernbedienung; 9= Auslöser; 10= Bedienungskonsole; 11= Säule; 12= Oberträger (aus SCANORA-Bedienungsanleitung, Fa. Soredex, 1992).

Die Röntgenfilme stammen von der Firma KODAK (T Mat-L). Als Verstärkerfolie werden Seltene-Erden-Folien (T6) der Firma 3M benutzt, die auf die Filme abgestimmt sind. Das Filmformat beträgt 150mm x 300mm. Die Filmverarbeitung erfolgt automatisch mit der Entwicklungsmaschine der Firma AGFA GEVAERT.

Die untersuchten Darstellungsprinzipien sind:

- die rotierende Spalrtomographie zur Erstellung von Panoramaschichtaufnahmen (Vergrößerungsfaktor 1,3) und
- die spiralförmige Weitwinkeltomographie mit 8 Umdrehungen pro Spirale zur Anfertigung von Tomographien (Vergrößerungsfaktor 1,7). Bei der spiralförmigen Tomographie kommen vier Einzelschichten im Format von 70 mm x 102 mm zur Abbildung (**Abb. 9**).

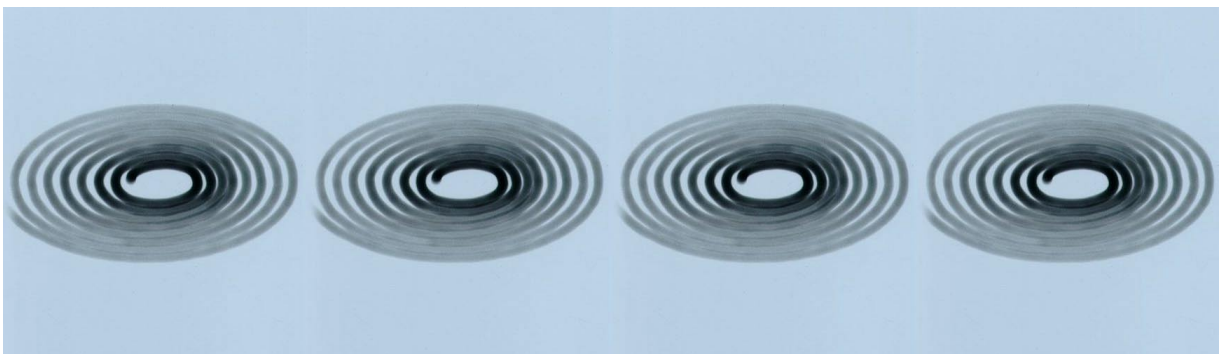


Abb. 9: Darstellung der spiralförmigen Ablaufbahn auf einem Röntgenfilm
(57 kV, 2,0 mA, 81,8 sec).

Andere Darstellungsprinzipien, wie sie in **Abb. 5** dargestellt sind, werden nicht untersucht. In Abhängigkeit von dem Patient, der Darstellungsmodi und -region beträgt die Belichtung 57 kV bis 85 kV und 1,0 bis 20 mA.

Marzerierte Schädel dienen als Objekt für die Phantomaufnahmen (Belichtung: 57 kV bis 63 kV, 1,0 mA bis 2,5 mA). Bei der Anfertigung von Phantomaufnahmen wird ein 10 mm Aluminiumfilter am Strahlenaustrittsfenster vorgeschaltet.

Phantom- und Patientenpositionierung

Es besteht kein Unterschied zwischen der Einstellung des Patientenkopfes und des Phantomkopfes. Der Patient befindet sich stets in sitzender Position.

Mit Hilfe eines Lichtvisiers werden 3 Achsen:

- X-Achse = frontale Einstellung,
- Y-Achse = vertikale Einstellung,
- Z-Achse = horizontale Einstellung

auf dem Gesichtsschädel positioniert (**Abb. 10**). Während der gesamten Aufnahme ist die Haltung unverändert.

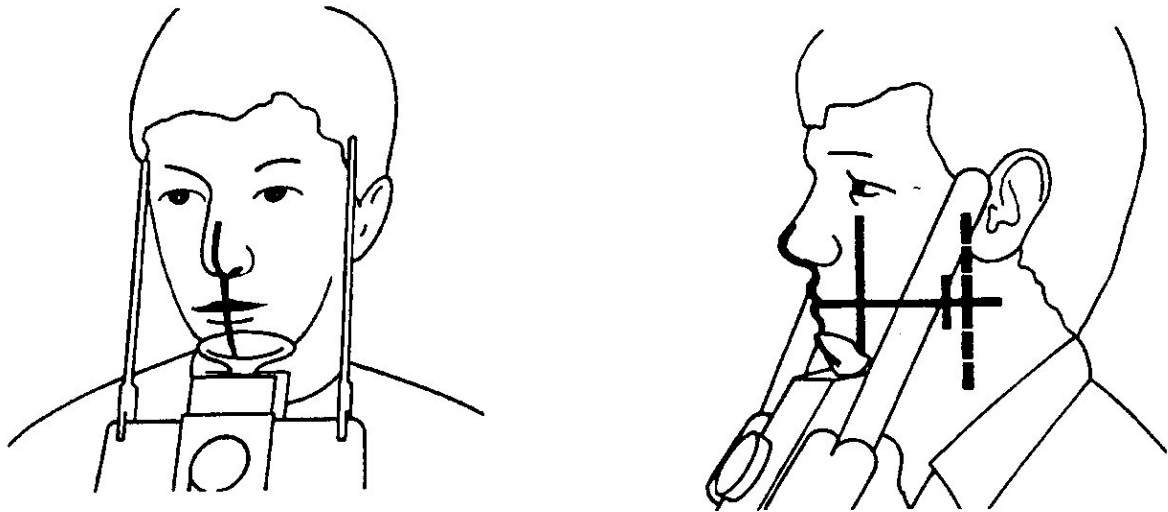


Abb. 10: Positionierung des frontalen, vertikalen und horizontalen Lichtstrahls auf dem Gesichtsschädel (aus SCANORA-Bedienungsanleitung, Fa. Soredex, 1992).

Die Fixierung des Kopfes erfolgt durch Kinn- und Schläfenstütze. Die X-Achse beschreibt die Medianebene, die Y-Achse wird in Region des unteren Eckzahnes positioniert und die Z-Achse kennzeichnet die Höhe des aufzunehmenden Objektes. Eine Ausnahme stellt die Aufnahme des Kiefergelenkes dar. Die vertikale Lichtmarkierung wird auf den Porus acusticus externus zentriert.

Für die Darstellung der verschiedenen Objektregionen sind unterschiedliche Positionierungen des Kopfes erforderlich.

Im Bereich der Kieferhöhle, der Orbita und des Kiefergelenkes wird die „Frankfurter Horizontale“ (gedachte Linie zwischen dem Porus acusticus externus und dem Orbitaboden) parallel zur horizontalen Lichtmarkierung (Z-Achse) eingestellt.

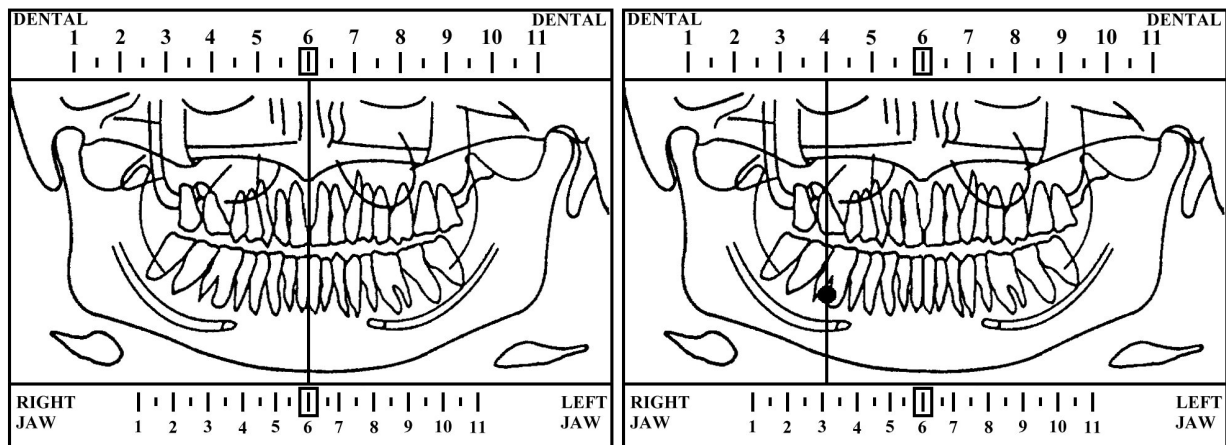
- Im Oberkieferbereich ist der Kopf leicht nach dorsal flektiert. Der harte Gaumen verläuft parallel zur Z-Achse.
- Die Abbildung des horizontalen Astes des Unterkiefers erfolgt ebenfalls mit einer Kippung des Schädels nach dorsal, die allerdings deutlich ausgeprägter ist als bei Oberkieferaufnahmen. Der Ramus mandibulae verläuft parallel zur Z-Achse.

Ermittlung der Codenummer

Die darzustellende Region wird durch eine Programmnummer codiert. Die Ermittlung erfolgt durch Ausmessung einer zuvor angefertigten Panoramaschichtaufnahme. Für die Phantomaufnahmen wird die Panoramaschichtaufnahme mit dem SCANORA-Röntgengerät erstellt. Im Rahmen der Patientenuntersuchung erfolgt die Anfertigung der Panoramaschichtaufnahme routinemäßig mit dem ORTH-ORALIX (Fa. Philips). Der Meßvorgang ist in **Abb. 11** dargestellt.

In der Codenummer werden neben der ermittelten Objektregion (Bereichscode) Schichtdicke, Schichtabstand, Zahnbogengröße berücksichtigt. Der Code und die gewünschten Belichtungsdaten werden an der Steuertafel eingegeben.

Tomographien des Kiefergelenkes erfordern keine Messung auf einer Panoramaschichtaufnahme. Die Programmauswahl für die laterale Tomographie basiert auf dem Intercondylarabstand und dem Projektionswinkel (15 Grad bis 30 Grad). Der Intercondylarabstand wird mit dem Orientierungsprogramm 550, das beide Kiefergelenke frontal abbildet, ermittelt und mit einer speziellen Folie ausgemessen.



a.)

b.)

Abb. 11: Wahl des Programmes: Ausmessung der Panoramaschichtaufnahme bei Verdacht auf einen Befund Regio 46.

Abb. 11a: Positionierung der Panoramaschichtaufnahme auf einem skalierten Lichtschaukasten. Die Mittellinie verläuft durch den Skalenpunkt 6.

Abb. 11b: Verschieben der Markierung auf die zu untersuchende Region. Der Bereichscode, der für Panoramaschichtaufnahmen aus der unteren Skala ermittelt wird, ist in diesem Beispiel „3“. (aus SCANORA-Bedienungsanleitung, Fa. Soredex, 1992).

3.2 PHANTOMAUFGNAHMEN

Panoramaschichtaufnahmen

Es erfolgt die Anfertigung von zwei Panoramaschichtaufnahmen mit unterschiedlichen Phantomschädeln am SCANORA-Röntgengerät. Vergleichsaufnahmen werden mit dem Panoramaschichtgerät ORTH-ORALIX (Fa. Philips) erstellt. Die Röntgenbilder werden bezüglich der Zeichenschärfe, der Darstellung der Kiefergelenke, der Unterkieferfront, der Oberkieferfront und zwei Bleikugelmarkierungen Zahn-Regio 47 verglichen (**Abb. 12**).

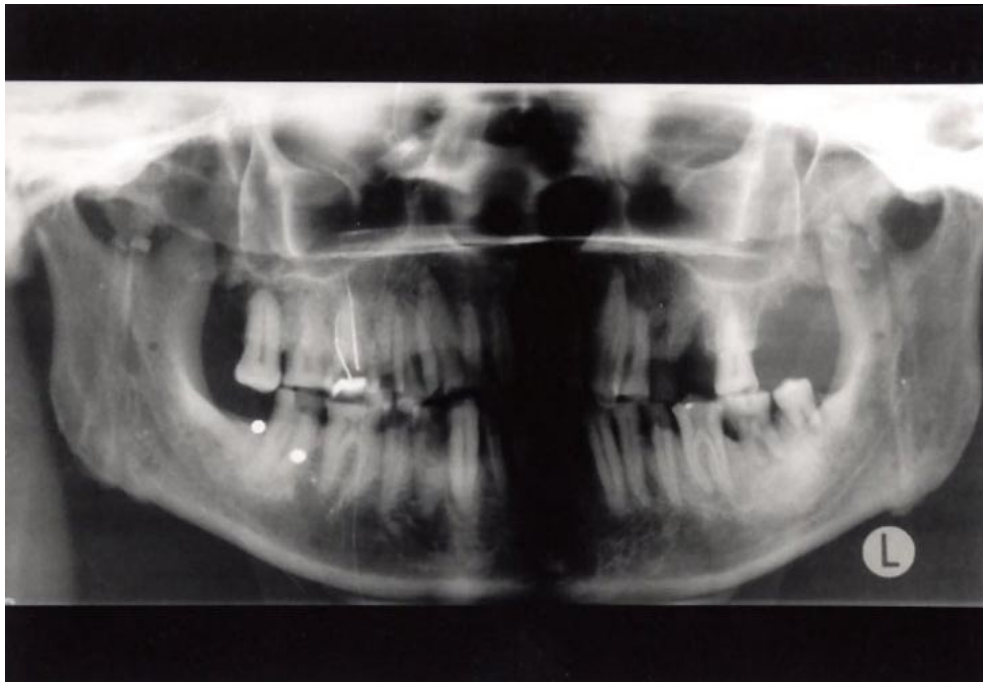


Abb. 12: Phantom-Panoramaschichtaufnahme:

a.) SCANORA-Röntgengerät, Fa. Soredex (Programmnummer 001, Belichtung 57 kV).

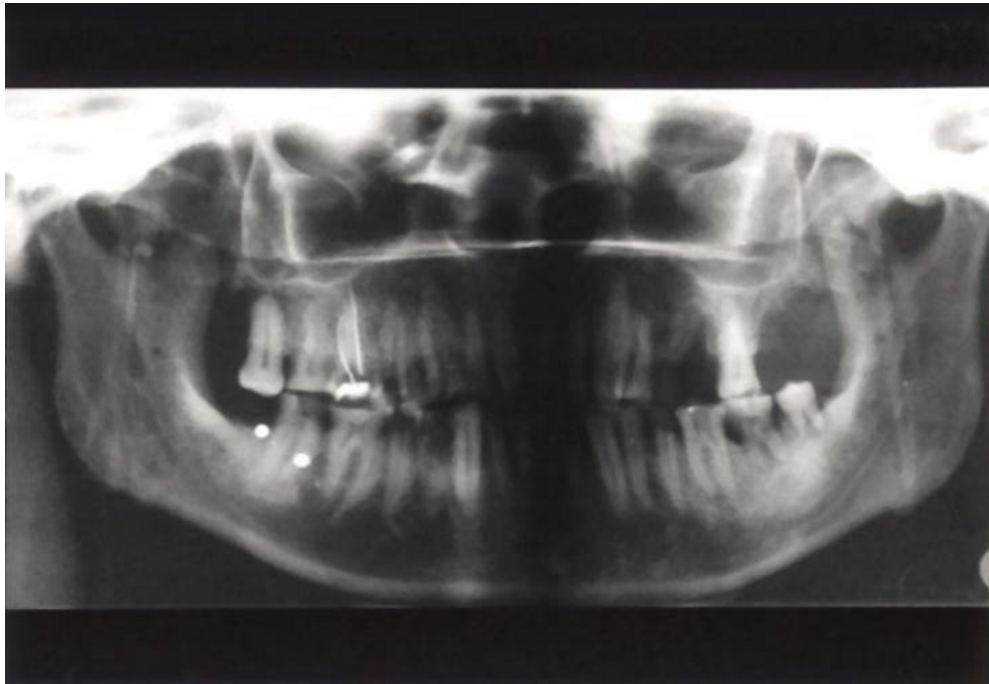


Abb 12: Phantom-Panoramaschichtaufnahme:

b.) Panoramaschichtgerät ORTH-ORALIX, Fa. Philips (Belichtung 65 kV).

Spiralförmige Weitwinkeltomographie

Mit dem SCANORA-Röntgengerät werden spiralförmige Schichtaufnahmen der Orbita, der Kieferhöhle, des Oberkiefers, des Unterkiefers und des Kiefergelenkes angefertigt. Der Unterkiefer wird unterteilt in den aufsteigenden Ast, den Unterkieferkörper und die Unterkieferfront.

Die Darstellung der jeweiligen Objektregion erfolgt im posterior-anterioren und lateralen Strahlengang. Je nach Abbildungsregion und Darstellungsprojektion werden zwei bis vier anatomische Strukturen mit Bleikugeln und Kupferdrähten markiert. (**Abb. 13**). Dieser Teil der Untersuchung dient der Identifizierung jener anatomischer Strukturen, die auf den Patientenaufnahmen beurteilt werden.

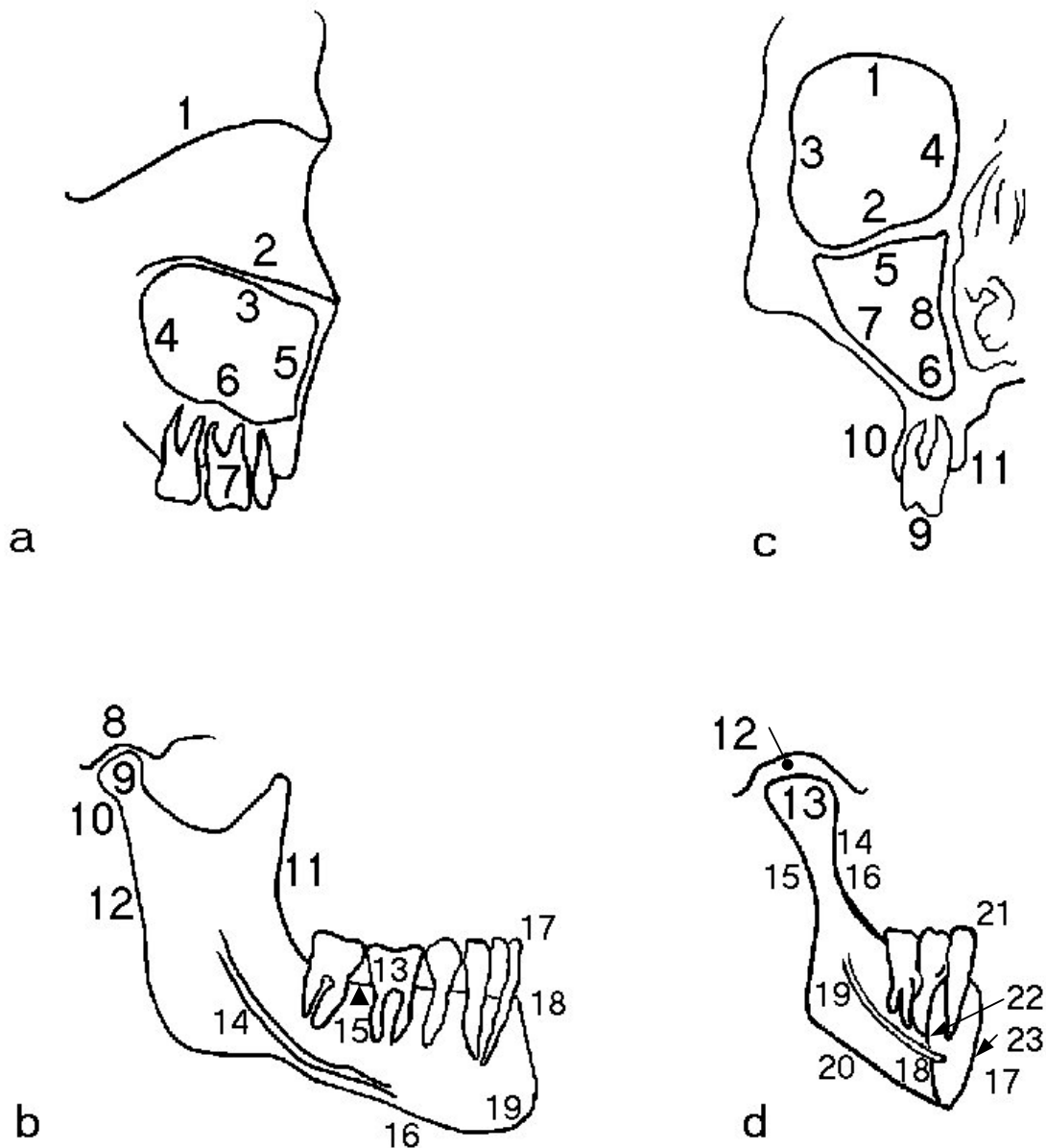


Abb. 13: Schematische Darstellung der markierten anatomischen Strukturen im:

- lateralen Strahlengang (**Abb. 13 a, b**): **Orbita** (1= Orbitadach, 2= Orbitaboden), **Kieferhöhle** (3= Kieferhöhlendach, 4= dorsale Kieferhöhlenwand, 5= ventrale Kieferhöhlenwand 6= Kieferhöhlenboden), **Oberkiefer** (6= Kieferhöhlenboden, 7= Zahnregion), **Kiefergelenk** (8= Gelenkspalt, 9= Caput mandibulae, 10= Collum mandibulae), **Unterkiefer aufst. Ast** (11= ventrale Begrenzung, 12= dorsale Begrenzung), **Unterkieferkörper** (13= Zahnregion, 14= Canalis mandibularis, 15= Alveolarkamm, 16= Corticalis mandibularis), **Unterkieferfront** (17= Zahnregion, 18= Alveolarkamm, 19= Corticalis mandibularis).
- posterior-anterioren Strahlengang (**Abb. 13 c, d**): **Orbita** (1= Orbitadach, 2= Orbitaboden, 3= laterale Orbitawand, 4= mediale Orbitawand), **Kieferhöhle** (5= Kieferhöhlendach, 6= Kieferhöhlenboden, 7= laterale Kieferhöhlenwand, 8= mediale Kieferhöhlenwand), **Oberkiefer** (9= Zahnregion 10= lateraler Alveolarfortsatz, 11= medialer Alveolarfortsatz), **Kiefergelenk** (12= Gelenkspalt, 13= Caput mandibulae, 14= Collum mandibulae), **Unterkiefer aufst. Ast** (15= laterale Begrenzung, 16= mediale Begrenzung), **Unterkieferkörper** (17= linguale Begrenzung, 18= buccale Begrenzung 19= Canalis mandibularis, 20= Corticalis mandibularis), **Unterkieferfront** (21= Zahnregion, 22= vestibularer Unterkieferrand, 23= lingualer Unterkieferrand).

Folgenden Abbildungen (**Abb. 14 – 19**) zeigen Beispiele für Tomographien vom Phantomschädel mit den markierten anatomischen Strukturen.

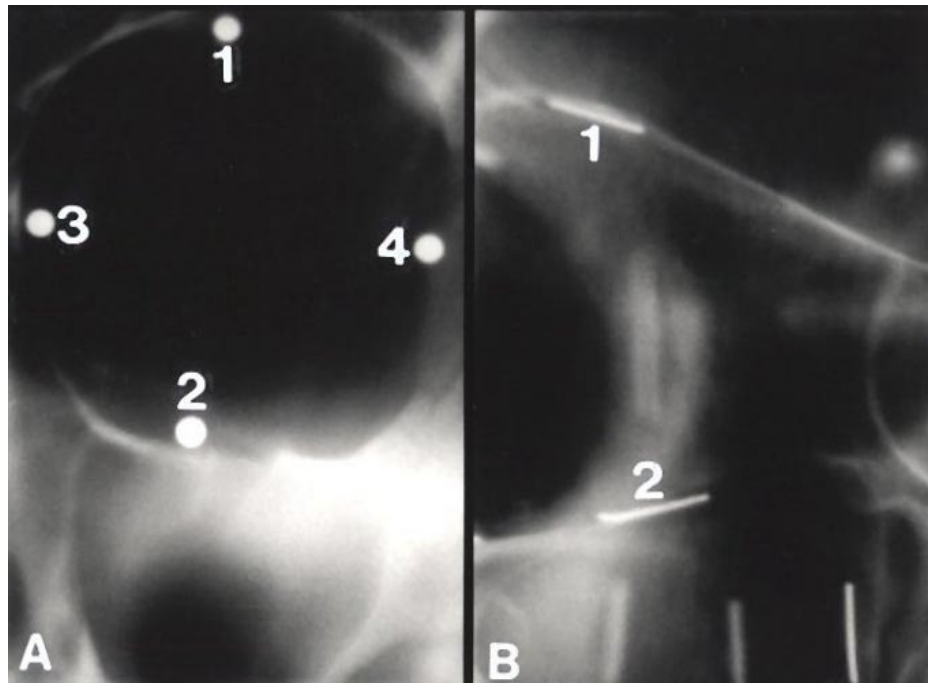


Abb. 14: Phantomaufnahme der Orbita in p.a. (A) und lateraler (B) Projektion.
1= Orbitadach, 2= Orbitaboden, 3= mediale Orbitawand, 4= laterale Orbitawand.

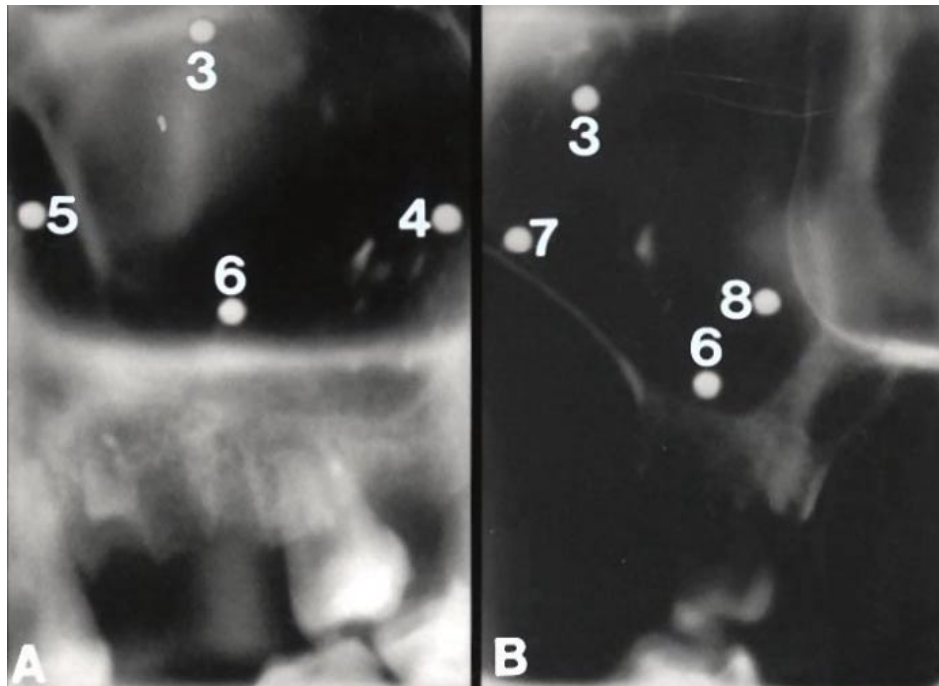


Abb. 15: Phantomaufnahme der Kieferhöhle in lateraler (A) und p.a. (B) Projektion.
 3= Kieferhöhlendach, 4= dorsale Kieferhöhlenwand, 5= ventrale Kieferhöhlenwand,
 6= Kieferhöhlenboden, 7= laterale Kieferhöhlenwand, 8= mediale Kieferhöhlenwand.

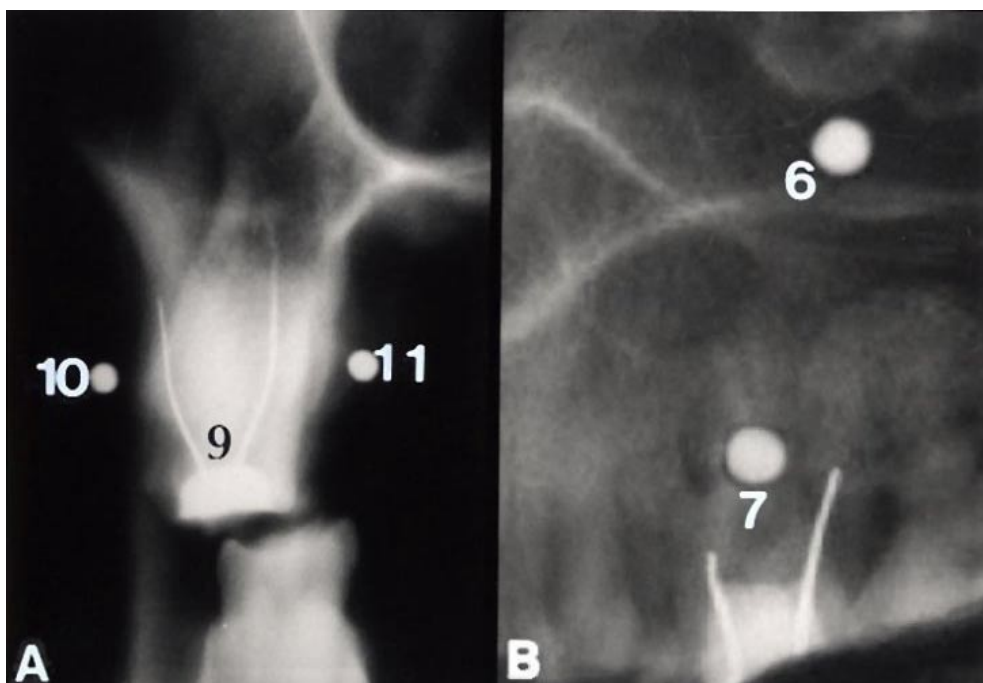


Abb. 16: Phantomaufnahme des Oberkiefer in p.a. (A) und lateraler (B) Projektion.
 6= Kieferhöhlenboden, 7= Zahnregion, 9= Zahnregion 10= lateraler Alveolarfortsatz,
 11= medialer Alveolarfortsatz.

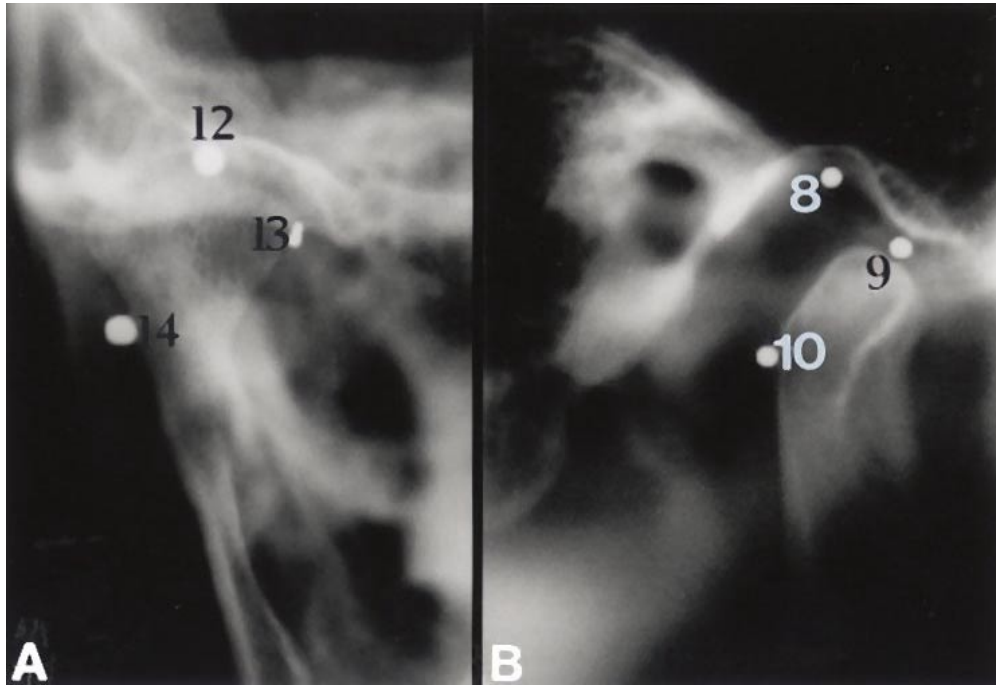


Abb. 17: Phantomaufnahme des Kiefergelenks in p.a. (A) und lateraler (B) Projektion.
 8= Gelenkspalt, 9= Caput mandibulae, 10= Collum mandibulae, 12= Gelenkspalt, 13= Caput mandibulae, 14= Collum mandibulae.

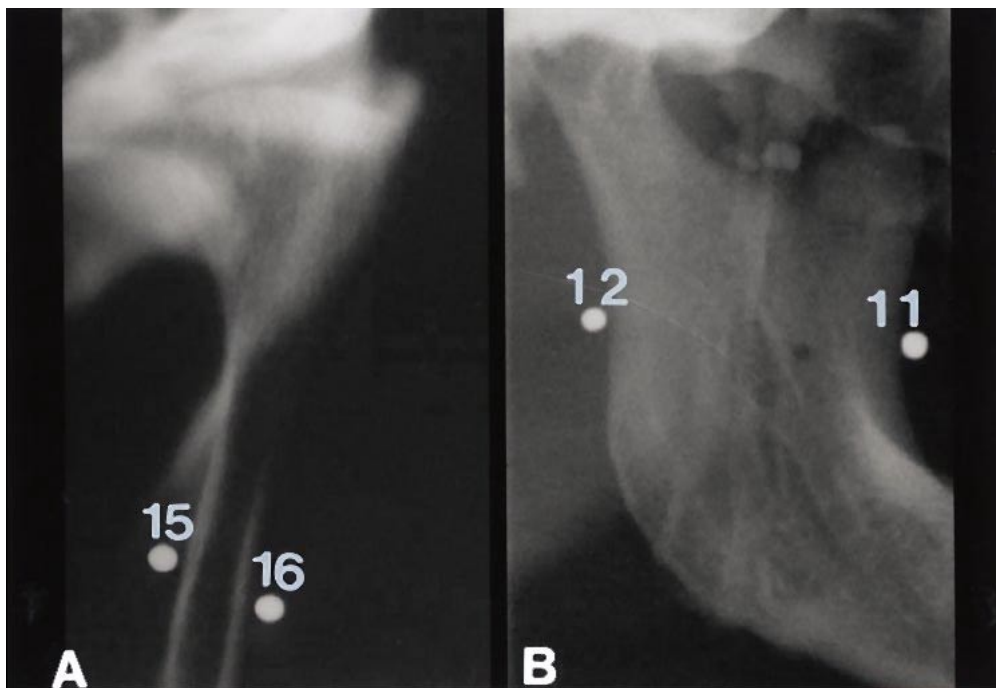


Abb. 18: Phantomaufnahme des Unterkiefers aufsteigender Ast in p.a. (A) und lateraler (B) Projektion.
 11= ventrale Begrenzung, 12= dorsale Begrenzung, 15= mediale Begrenzung, 16= laterale Begrenzung.

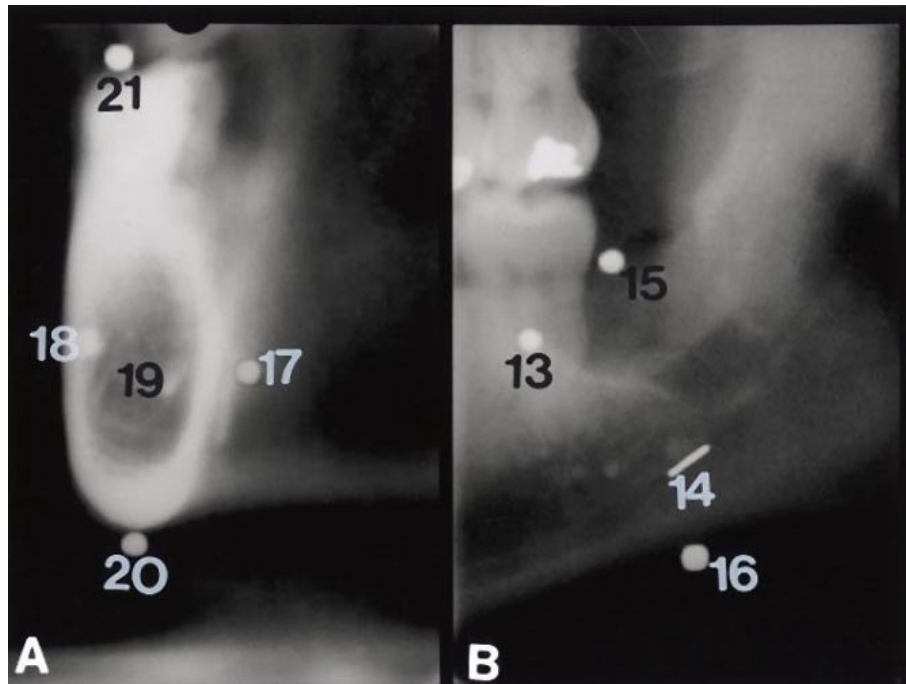


Abb. 19: Phantomaufnahme des Unterkieferkörpers in p.a. (A) und lateraler (B) Projektion. 13= Zahnregion, 14= Canalis mandibularis, 15= Alveolarkamm, 16= Corticalis mandibularis, 17= linguale Begrenzung, 18= buccale Begrenzung, 19= Canalis mandibularis, 20= Corticalis mandibularis, 21= Zahnregion.

3.3 PATIENTENAUFNAHMEN

Patientenaufnahmen, die in der Abteilung für Röntgendiagnostik der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Universitätsklinik Eppendorf, Hamburg vom Mai 1989 bis Mai 1993 mit dem SCANORA-Röntgengerät in der spiralförmigen Weitwinkeltomographie angefertigt wurden, werden nach folgenden Gesichtspunkten aufgegliedert:

- Jahresverteilung,
- Indikation / Verdachtsdiagnose,
- Abbildungsregion.

Auf den Patientenaufnahmen werden jene anatomische Strukturen untersucht, die unter 3.1.2 am Phantom gekennzeichnet werden (**Abb. 13**). Zusätzlich werden die Patientenaufnahmen bezüglich des Befundes beurteilt.

In die Auswertung der Patientenaufnahmen gehen somit folgende Kriterien ein:

- Darstellung der anatomischen Region,
- Wiedergabe etwaiger pathologischer Strukturen.

Die Bewertung erfolgt mit Hilfe eines Auswertungsbogens (**Abb. 20**) und folgender Symbolik:

++ = sehr gut,

+ = gut,

± = ausreichend (Beurteilung aber möglich),

0 = nicht ausreichend (Beurteilung nicht möglich)

| | | | | |
|---|-----------|----------|----------|----------|
| Patienten-Nr.: <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> W Aufnahmedatum:..... | | | | |
| Abbildungsregion: <i>Orbita</i> Darstellungsprojektion: <i>posterior-anterior</i> | | | | |
| Indikation / Verdachtsdiagnose:..... | | | | |
| RE <input type="checkbox"/> LI <input type="checkbox"/> | | | | |
| Symbole | ++ | + | ± | 0 |
| Anatomische Strukturen | | | | |
| Orbitadach | | | | |
| Orbitaboden | | | | |
| laterale Orbitawand | | | | |
| mediale Orbitawand | | | | |
| | | | | |
| Befund | | | | |

Abb. 20: Auswertungsbogen (Beispiel Orbita im posterior-anterioren Strahlengang).

Symbole: ++ = sehr, + = gut, ± = ausreichend (Beurteilung aber möglich), 0 = nicht ausreichend (Beurteilung nicht möglich), M= männlich, W= weiblich

4. ERGEBNISSE

4.1 PHANTOMAUFNAHMEN

Bei dem Vergleich der Panoramaschichtaufnahme, die mit dem SCANORA-Röntgengerät und dem ORTH-Oralix ergab sich bezüglich der Zeichenschärfe, der Darstellung des Kiefergelenkes, der Ober- und Unterkieferfront und der Abbildung der Markierungen Zahn-Regio 47 kein Unterschied.

4.2 PATIENTENAUFNAHMEN

4.2.1 Gesamtübersicht

In den Jahren 1989 bis 1993 werden in der Abteilung für Röntgendiagnostik der Zahn-, Mund- und Kieferklinik Eppendorf, Hamburg bei 398 Patienten Röntgenaufnahmen des knöchernen Gesichtsschädel mit dem SCANORA-Schichtgerät in der spiralförmigen Tomographie angefertigt. Bei vier Röntgenschnittbildern pro Aufnahme gehen 1716 Einzelschichtuntersuchungen in die Bewertung ein.

Die **Tab. 4 – 6** zeigen die Gesamtübersicht der Röntgenaufnahmen, sowie die Aufteilung im posterioren-anterioren und im lateralen Strahlengang und deren Verteilung auf die unterschiedlichen Objektregionen.

88 Röntgenschnittaufnahmen sind Fehlaufnahmen, die nicht in der Auswertung berücksichtigt werden. Hiervon sind 36 Röntgenbilder über- bzw. unterbelichtet. 24 Fehlaufnahmen beruhen auf einer falschen Positionierung des Patienten in der SCANORA-Röntgeneinheit. Auf 12 Aufnahmen sind Bewegungs- oder Fremdkörperartefakte zu bemängeln. Falsche Codeeingaben am SCANORA-Röntgengerät erfolgen in 12 Fällen und lassen somit keine Bewertung zu.

1024 Röntgenschnittbilder wurden im sagittalen, 692 im lateralen Strahlengang angefertigt. In 796 Fällen war das Objekt rechts lokalisiert. 908 mal erfolgte die Darstellung der linken Seite.

4.2.2 Abbildungsregionen

Die Häufigkeit der Darstellung der unterschiedlichen Abbildungsregionen und die entsprechenden Patientenzahlen sind in den **Tab. 4 – 6** wiedergegeben.

Der Unterkieferkörper wird am häufigsten dargestellt (**Tab. 4**). Diese Objektregion wurde auf insgesamt 1000 Einzelschichtaufnahmen beurteilt. Dies entspricht einem Prozentanteil von 58,3% der insgesamt 1716 ausgewerteten Schichtaufnahmen.

Es folgen:

- die Kieferhöhle: 244 Einzelschichtaufnahmen (14,2%),
- das Kiefergelenk: 228 Einzelschichtaufnahmen (13,2%),
- der Oberkiefer: 140 Einzelschichtaufnahmen (8,2%),
- der aufsteigende Astes des Unterkiefers: 11 Einzelschichtaufnahmen (2,6%).
- Unterkieferfront: 12 Einzelschichtaufnahmen (0,7%)

Für die frontale (a) und sagittale (b) Schichtebene ergibt sich folgende Verteilung:

a.) Projektion: posterior-anterior (insgesamt 1024 Einzelschichtaufnahmen, **Tab. 5**)

- Horizontale Ast des Unterkiefers: 592 Einzelschichtaufnahmen (57,8%)
- Kieferhöhle: 184 Einzelschichtaufnahmen (18,0%),
- Kiefergelenk: 96 Einzelschichtaufnahmen (9,4%),
- Oberkiefer: 88 Einzelschichtaufnahmen (8,6%),
- aufsteigende Ast des Unterkiefers: 32 Einzelschichtaufnahmen (3,1%)
- Orbita: 28 Einzelschichtaufnahmen (2,7%),
- Unterkieferfront: 4 Einzelschichtaufnahmen (0,4%)

b.) Projektion: lateral (insgesamt 692 Einzelschichtaufnahmen, **Tab. 6**)

- Unterkieferkörper: 408 Einzelschichtaufnahmen (59,8%)
- Kiefergelenk: 132 Einzelschichtaufnahmen (19,1%)
- Kieferhöhle: 60 Einzelschichtaufnahmen (8,7%),
- Oberkiefer: 52 Einzelschichtaufnahmen (7,5%),
- Orbita: 20 Einzelschichtaufnahmen (2,9%),
- aufsteigende Ast des Unterkiefers: 12 Einzelschichtaufnahmen (1,7%)
- Unterkieferfront: 8 Einzelschichtaufnahmen (1,2%)

Tab. 4: Gesamtübersicht der Einzelschichtaufnahmen.

| Region | Patienten- anzahl | Einzelschicht- aufnahmen | Seite | |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|------------|------------|
| | | | RE | LI |
| Orbita | 10 | 48 | 0 | 48 |
| Kieferhöhle | 50 | 244 | 124 | 120 |
| Oberkiefer | 30 | 140 | 68 | 72 |
| Kiefergelenk | 55 | 228 | 100 | 128 |
| UK aufsteigender Ast | 11 | 44 | 8 | 36 |
| UK Körper | 240 | 1000 | 496 | 504 |
| Unterkieferfront | 2 | 12 | 0 | 0 |
| Summe | 398 | 1716 | 796 | 908 |

Abkürzungen: UK= Unterkiefer; LI= Links; RE = Rechts.

Tab. 5: Gesamtübersicht der Einzelschichtaufnahmen im posterior-anterioren Strahlengang.

| Region | Patienten- anzahl | Einzelschicht- aufnahmen | Seite | |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|------------|------------|
| | | | RE | LI |
| Orbita | 6 | 28 | 0 | 28 |
| Kieferhöhle | 32 | 184 | 88 | 96 |
| Oberkiefer | 18 | 88 | 44 | 44 |
| Kiefergelenk | 20 | 96 | 28 | 68 |
| UK aufsteigender Ast | 9 | 32 | 8 | 24 |
| UK Körper | 123 | 592 | 260 | 332 |
| Unterkieferfront | 1 | 4 | 0 | 0 |
| Summe | 209 | 1024 | 428 | 592 |

Abkürzungen: UK= Unterkiefer; LI= Links; RE = Rechts.

Tab. 6: Gesamtübersicht der Einzelschichtaufnahmen im lateralen Strahlengang.

| Region | Patienten- anzahl | Einzelschicht- aufnahmen | Seite | |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|------------|------------|
| | | | RE | LI |
| Orbita | 4 | 20 | 0 | 20 |
| Kieferhöhle | 18 | 60 | 36 | 24 |
| Oberkiefer | 12 | 52 | 24 | 28 |
| Kiefergelenk | 36 | 132 | 72 | 60 |
| UK aufsteigender Ast | 12 | 12 | 0 | 12 |
| UK Körper | 117 | 408 | 236 | 172 |
| Unterkieferfront | 1 | 8 | 0 | 0 |
| Summe | 199 | 692 | 368 | 316 |

Abkürzungen: UK= Unterkiefer; LI= Links; RE = Rechts.

4.2.3 Jahresverteilung

Insgesamt werden 1716 SCANORA-Röntgenaufnahmen ausgewertet (**Abb. 21**).

1989 (ab Mai) wurden 248 Einzelschichtaufnahmen beurteilt, dies entspricht 14,5% der insgesamt 1716 ausgewerteten Einzelschichtaufnahmen. In den darauffolgenden Jahren bis einschließlich Mai 1993 ergab sich folgende Verteilung:

- 180 (10,5%) Einzelschichtaufnahmen 1990
- 444 (25,8%) Einzelschichtaufnahmen 1991
- 612 (35,6%) Einzelschichtaufnahmen 1992
- 232 (13,5%) Einzelschichtaufnahmen 1993 (bis Mai)

Verteilung der Einzelschichtaufnahmen im Untersuchungszeitraum

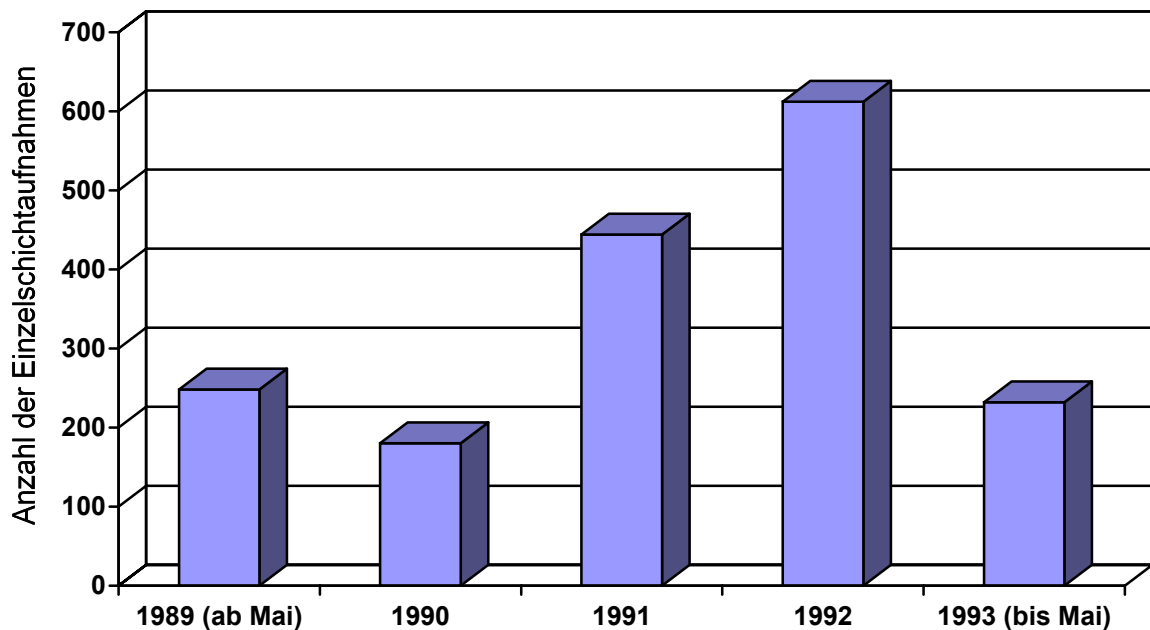


Abb. 21: Jahresverteilung der Einzelschichtaufnahmen.

4.2.4 Indikationen und Verdachtsdiagnosen

Die Indikationen und Verdachtsdiagnosen der insgesamt 1716 untersuchten Einzelschichtaufnahmen werden in 11 Gruppen eingeteilt (**Tab. 7**):

- verlagerte und retinierte Zähne (n= 288 bzw. 16,8%),
- Entzündungen (n= 284 bzw. 16,6%),
- Zysten (n= 296 bzw. 17,2%),
- Osteolysen (n= 172 bzw. 10,0%),
- Frakturen (n= 172 bzw. 10,0%),
- anatomische Variationen (n= 128 bzw. 7,5%),
- Tumoren (n= 108 bzw. 6,3%),
- Fremdkörper (n= 96 bzw. 5,6%),
- post OP (n= 92 bzw. 5,4%),
- prä OP (n= 40 bzw. 2,3%),
- Luxationen (n= 40 bzw. 2,3%)

Abbildung 22 – 26 zeigen Patientenaufnahmen mit unterschiedlicher Indikation bzw. Verdachtsdiagnose. Alle Aufnahmen sind in der spiralförmigen Weitwinkeltomographie am SCANORA-Röntgengerät angefertigt.

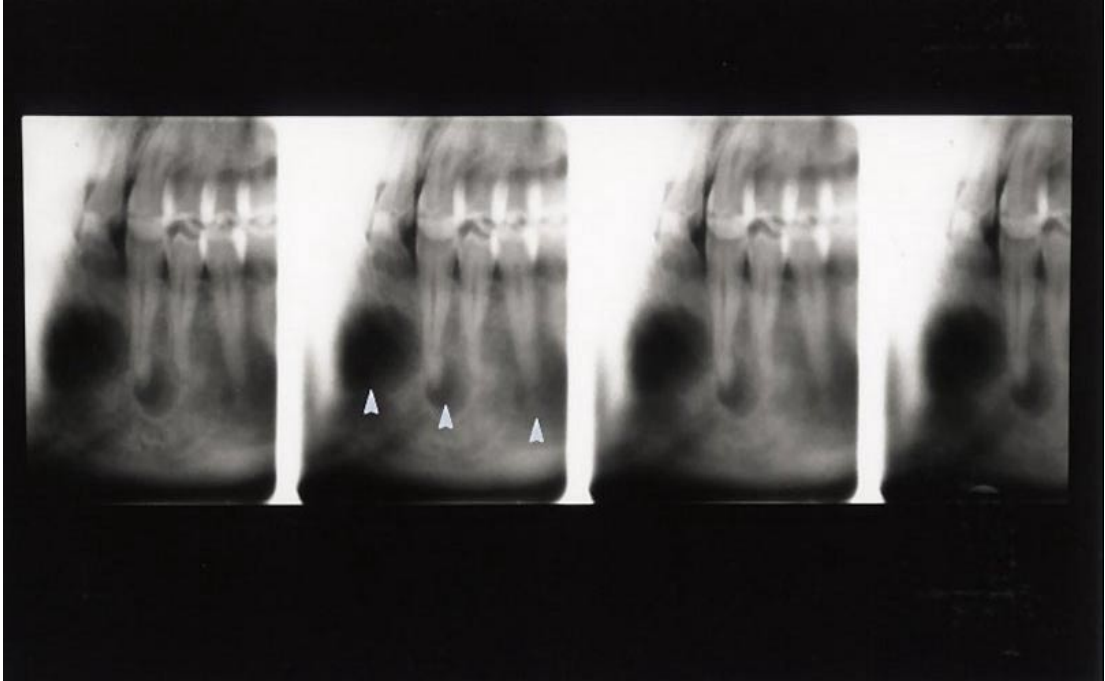


Abb. 22: Unterkiefer front in p.a. Projektion; Belichtung: 57kV, 1,6mA; Programm Nr.: 455; Diagnose: Unterkieferzysten (weiße Pfeilspitzen).

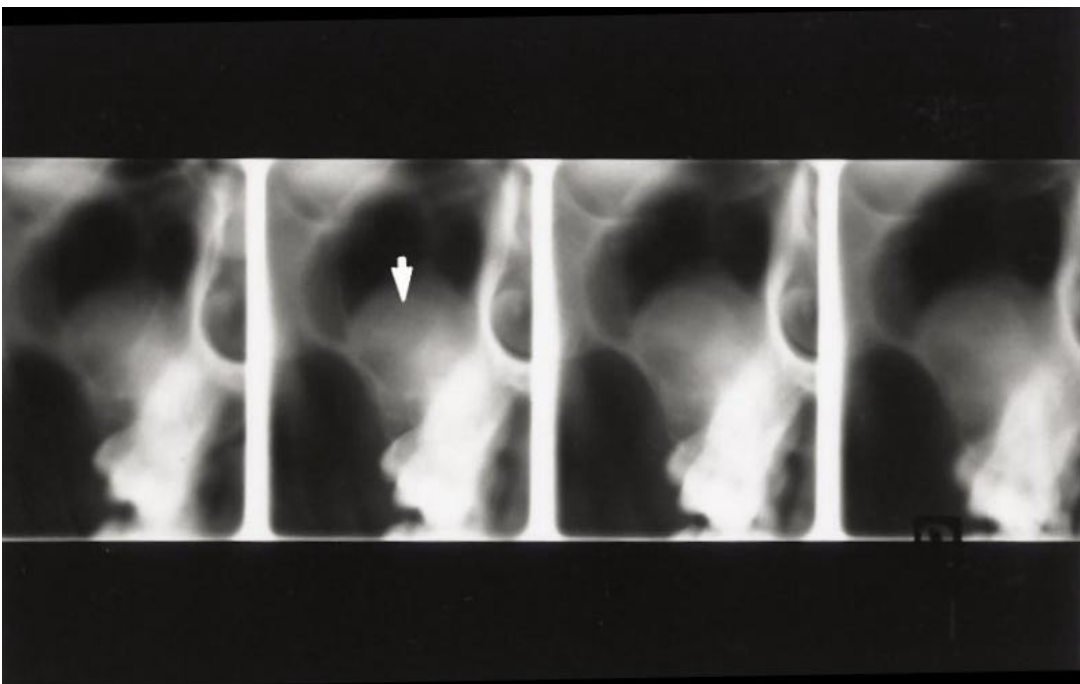


Abb. 23: Kieferhöhle in p.a. Projektion; Belichtung: 66kV, 5mA; Programm Nr.: 040; Diagnose: Mucozele (weißer Pfeil).

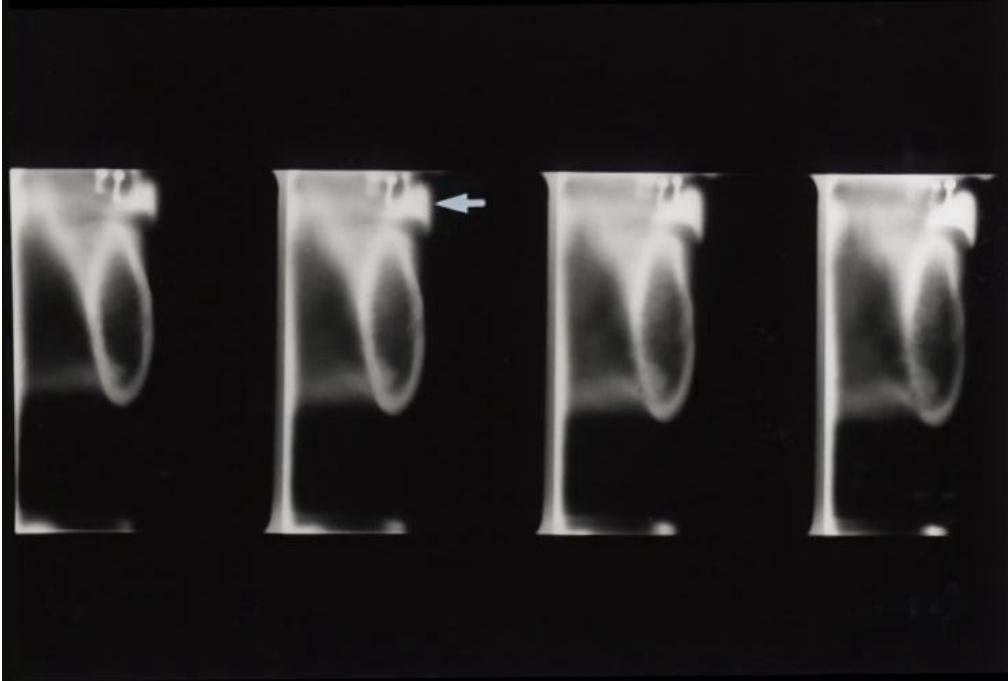


Abb. 24: Unterkieferkörper in p.a. Projektion; Belichtung: 66kV, 2,5mA; Programm Nr.: 808; Indikation: Implantatplanung mit Aufbißschiene (weißer Pfeil).

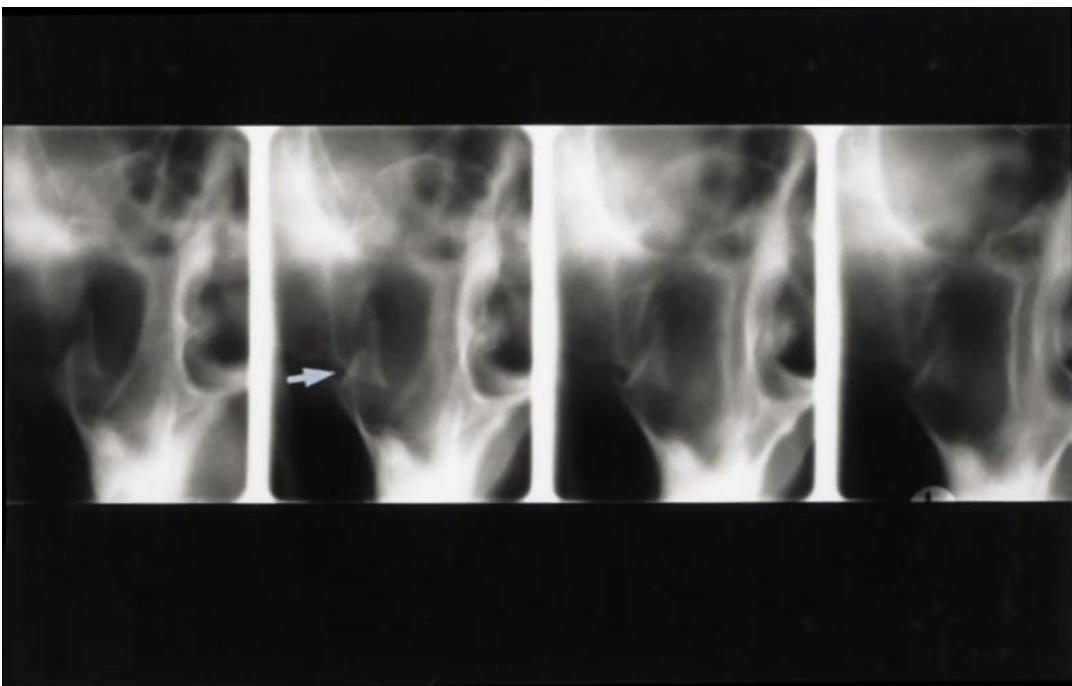


Abb. 25: Kieferhöhle in p.a. Projektion; Belichtung: 60kV, 2,0mA; Programm Nr.: 040; Diagnose: Fraktur laterale Kieferhöhlenwand (weißer Pfeil).

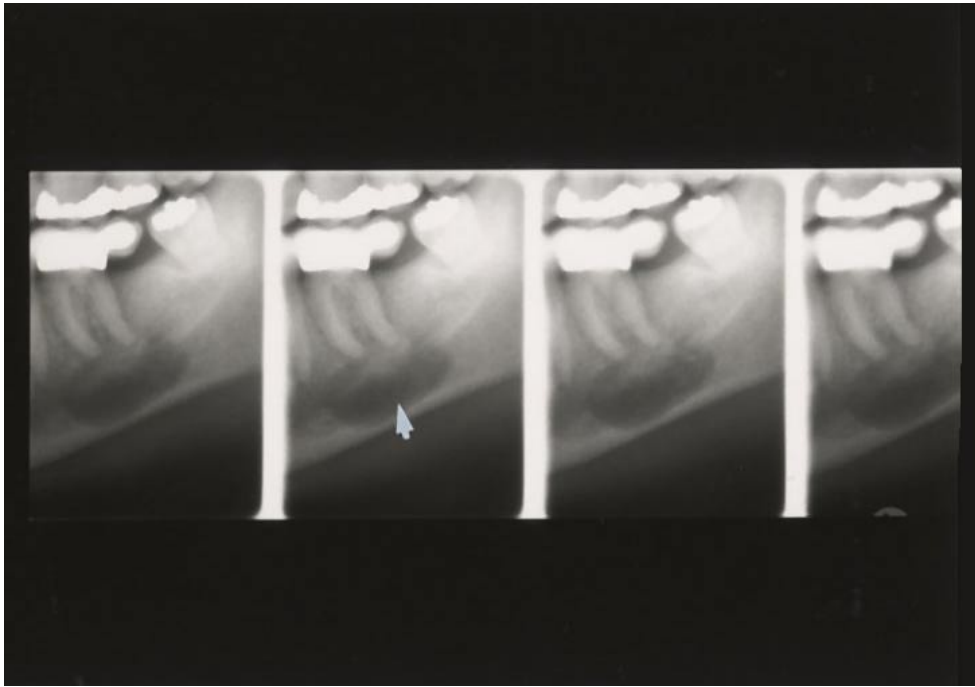


Abb. 26: Unterkieferkörper in lateraler Projektion; Belichtung: 66kV, 2,5mA; Programm Nr.: 443; Diagnose: dentogene Zyste Zahn Regio 36 (weißer Pfeil).

Tab. 7: Verteilung der Indikationen und Verdachtsdiagnosen auf die unterschiedlichen Objektregionen.

| | Gesamt | Orbita | KH | OK | Kiefergelenk | UK Körper | UK aufst. Ast | UK front |
|----------------------|--------|--------|-----|-----|--------------|-----------|---------------|----------|
| verlag. / ret. Zähne | 288 | 0 | 60 | 24 | 0 | 192 | 0 | 8 |
| Entzündung | 284 | 0 | 100 | 0 | 40 | 144 | 0 | 0 |
| Zyste | 296 | 0 | 20 | 76 | 0 | 184 | 16 | 0 |
| Osteolyse | 172 | 0 | 8 | 0 | 0 | 164 | 0 | 0 |
| Fraktur | 172 | 32 | 28 | 0 | 56 | 56 | 0 | 4 |
| anat. Variat. | 128 | 0 | 0 | 0 | 48 | 56 | 24 | 0 |
| Tumor | 108 | 0 | 16 | 0 | 16 | 72 | 4 | 0 |
| Fremdkörper | 96 | 0 | 12 | 28 | 0 | 56 | 0 | 0 |
| post OP | 92 | 16 | 0 | 0 | 28 | 48 | 0 | 0 |
| prä OP | 40 | 0 | 0 | 12 | 0 | 28 | 0 | 0 |
| Luxation | 40 | 0 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 |
| Summe | 1716 | 48 | 244 | 140 | 228 | 1000 | 44 | 12 |

Abkürzungen: verlag. / ret. Zähne= verlagerte und retinierte Zähne, anat. Variat.= anatomische Variation, Uk Körper = Unterkieferkörper, UK aufst. Ast= Unterkiefer aufsteigender Ast, UK front= Unterkieferfront.

4.3 AUSWERTUNG DER PATIENTENAUFNAHMEN

4.3.1 Gesamtauswertung der Abbildungsregionen

Die **Tab. 8 – 10** und **Abb. 27 – 29** geben die Gesamtauswertung der untersuchten Objektregionen wieder. Auf den 1716 Einzelschichtaufnahmen werden pro Aufnahme der Befund und je nach Darstellungsregion und Strahlengang zwei bis vier anatomische Strukturen untersucht. Insgesamt werden 6304 Strukturen beurteilt (**Tab. 8, Abb. 27**). Die **Tab. 9 (Abb. 28)** zeigen die Beurteilung der anatomischen Strukturen (n= 3844) und des Befundes (n= 1024) im posterior-anterioren Strahlengang. Während die **Tab. 10** und **Abb. 29** die Aufschlüsselung der anatomischen Strukturen (n= 2460) und des Befundes (n= 692) im lateralen Strahlengang darstellen.

Tab. 8: Gesamtauswertung der Objektregionen.

| Bewertung | Anatomische Strukturen (n= 6304) | Befund (n= 1716) |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------|
| sehr gut | 968 | 337 |
| gut | 1877 | 597 |
| ausreichend | 1887 | 473 |
| nicht ausreichend | 1572 | 309 |

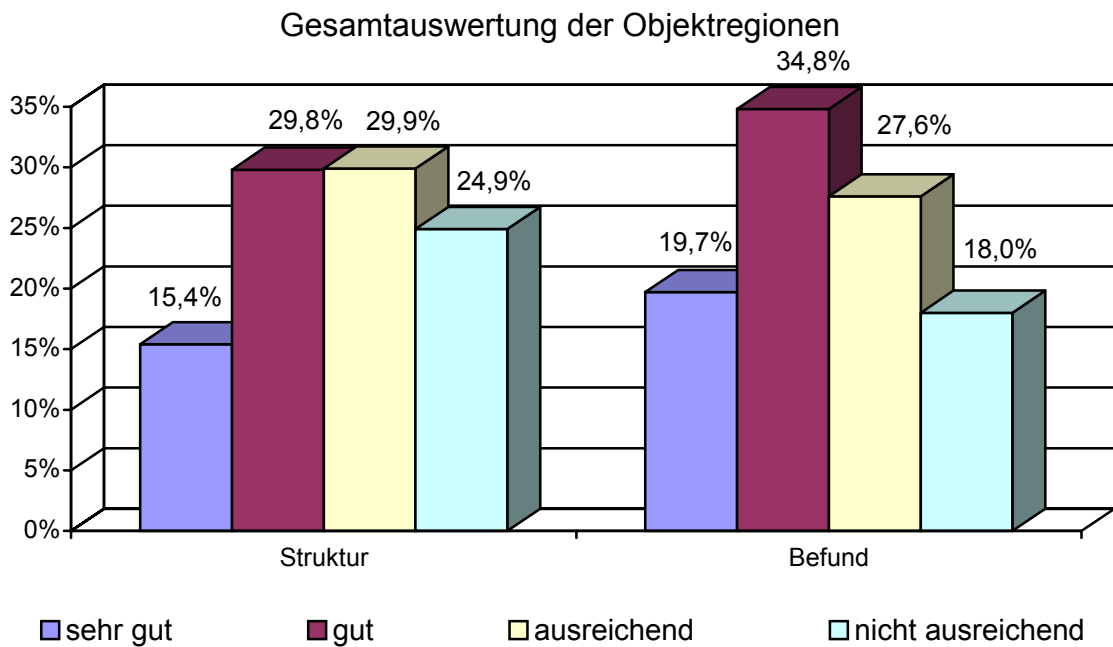


Abb. 27: Graphische Darstellung der prozentualen Verteilung der Objektregionen in der Gesamtauswertung.

Tab. 9: Gesamtauswertung der Objektregionen im posterior-anterioren Strahlengang.

| Bewertung | Anatomische Strukturen (n= 3844) | Befund (n= 1024) |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------|
| sehr gut | 439 | 172 |
| gut | 1030 | 324 |
| ausreichend | 1300 | 307 |
| nicht ausreichend | 1075 | 221 |

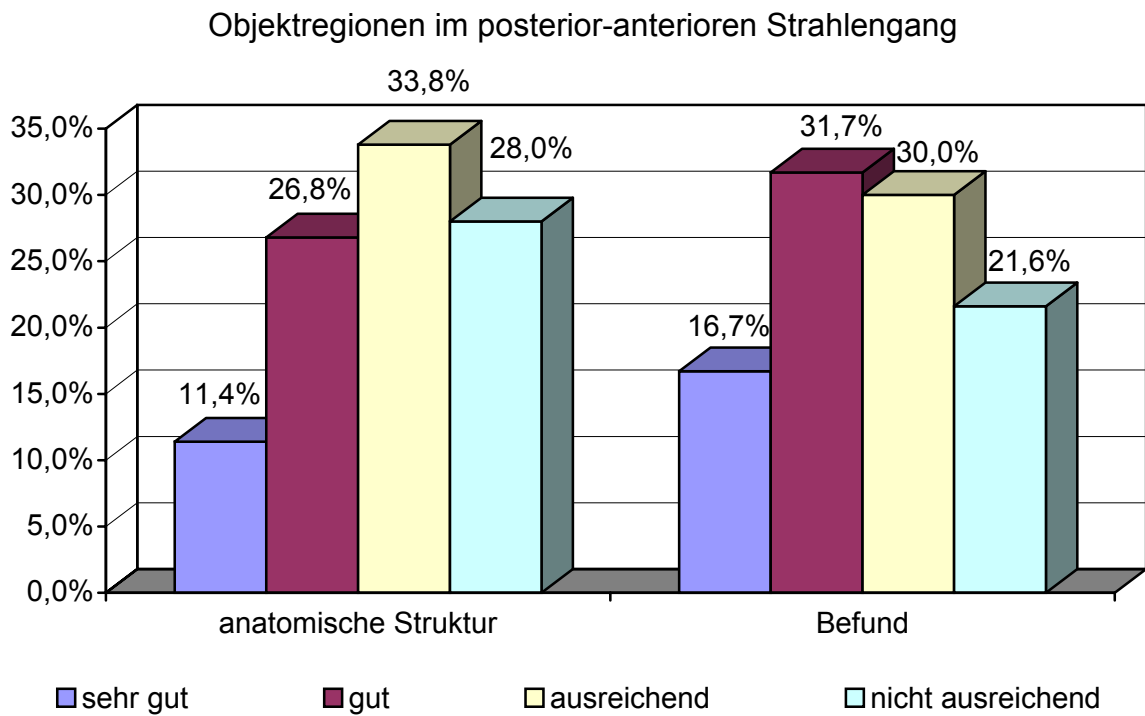


Abb. 28: Graphische Darstellung der prozentualen Verteilung der Objektregionen im posterior-anterioren Strahlengang.

Tab. 10: Gesamtauswertung der Objektregionen im lateralen Strahlengang.

| Bewertung | Anatomische Strukturen (n= 2460) | Befund (n= 692) |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------|
| sehr gut | 529 | 165 |
| gut | 847 | 272 |
| ausreichend | 587 | 166 |
| nicht ausreichend | 497 | 89 |

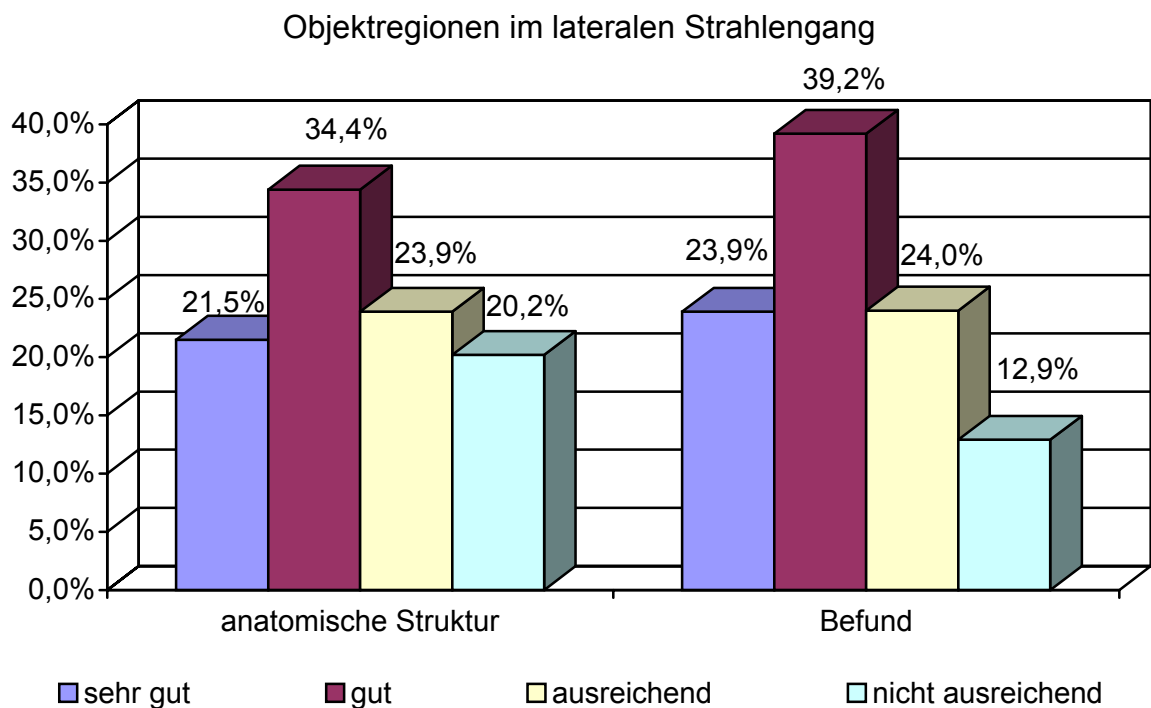


Abb. 29: Graphische Darstellung der prozentualen Verteilung der Objektregionen im lateralen Strahlengang.

Die Gesamtbewertung der anatomischen Strukturen und des Befundes der einzelnen Objektregionen für den posterior-anterioren und lateralen Strahlengang ist in den beiden folgenden **Tab. 11** und **12** wiedergegeben:

Tab. 11: Gesamtauswertung der anatomischen Strukturen und des Befundes der Abbildungsregionen im posterior-anterioren Strahlengang.

| Region | Anatomische Strukturen | | | | Befund | | | |
|---------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | ++ | + | ± | 0 | ++ | + | ± | 0 |
| Orbita | 7 (6,3%) | 39 (34,8%) | 30 (26,8%) | 36 (32,1%) | 2 (7,1%) | 12 (42,9%) | 10 (35,7%) | 4 (14,3%) |
| Kieferhöhle | 59 (8,0%) | 182 (24,7%) | 278 (34,7%) | 217 (29,5%) | 37 (20,1%) | 48 (21,1%) | 62 (33,7%) | 37 (20,1%) |
| Oberkiefer | 28 (10,6%) | 92 (34,6%) | 108 (40,9%) | 36 (13,6%) | 18 (20,5%) | 37 (42,0%) | 25 (28,4%) | 8 (9,1%) |
| Kiefergelenk | 75 (26,0%) | 91 (31,6%) | 81 (28,1%) | 41 (15,6%) | 19 (19,8%) | 31 (32,3%) | 26 (27,1%) | 20 (20,8%) |
| UK aufst. Ast | 12 (18,8%) | 27 (42,2%) | 25 (39,0%) | 0 (0,0%) | 5 (15,6%) | 13 (40,6%) | 5 (15,6%) | 9 (28,1%) |
| UK Körper | 254 10,7% | 594 (25,1%) | 775 (32,7%) | 745 (31,5%) | 89 (15,0%) | 182 (30,7%) | 178 (30,1%) | 143 (24,2%) |
| UK front | 4 (33,3%) | 5 (41,7%) | 3 (25%) | 0 (0,0%) | 2 (50,0%) | 1 (25,0%) | 1 (25,0%) | 0 (0,0%) |

Abkürzungen und Symbole: UK Körper = Unterkieferkörper; UK horiz. Ast = Unterkiefer horizontaler Ast; UK front = Unterkieferfront; ++ = sehr gut; + = gut; ± = ausreichend; 0 = nicht ausreichend.

Tab. 12: Gesamtauswertung der anatomischen Strukturen und des Befundes der Abbildungsregionen im lateralen Strahlengang.

| Region | Anatomische Strukturen | | | | Befund | | | |
|---------------|------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | ++ | + | ± | 0 | ++ | + | ± | 0 |
| Orbita | 8 (20,0%) | 18 (45,0%) | 8 (20,0%) | 6 (15,0%) | 2 (10,0%) | 3 (15,0%) | 8 (40,0%) | 7 (35,0%) |
| Kieferhöhle | 8 (3,3%) | 60 (25,0%) | 68 (28,3%) | 104 (43,3%) | 5 (8,3%) | 20 (33,3%) | 20 (33,3%) | 15 (25,0%) |
| Oberkiefer | 17 (10,6%) | 48 (34,8%) | 27 (40,9%) | 12 (13,6%) | 7 (13,5%) | 28 (53,8%) | 14 (26,9%) | 3 (5,8%) |
| Kiefergelenk | 81 (20,5%) | 148 (37,4%) | 97 (24,5%) | 70 (17,7%) | 13 (9,8%) | 54 (40,9%) | 36 (27,3%) | 29 (22,0%) |
| UK aufst. Ast | 1 (4,2%) | 12 (50,0%) | 8 (33,3%) | 3 (12,5%) | 7 (58,3%) | 3 (25,0%) | 2 (16,7%) | 0 (0,0%) |
| UK Körper | 407 (24,9%) | 548 (33,6%) | 375 (23%) | 302 (18,5%) | 124 (30,4%) | 163 (40,0%) | 86 (21,1%) | 35 (8,6%) |
| UK front | 7 (29,2%) | 13 (54,2%) | 4 (16,7%) | 0 (0,0%) | 7 (87,5%) | 1 (12,5%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) |

Abkürzungen und Symbole: UK Körper = Unterkieferkörper; UK horiz. Ast = Unterkiefer horizontaler Ast; UK front = Unterkieferfront; ++ = sehr gut; + = gut; ± = ausreichend; 0 = nicht ausreichend.

4.3.2 Einzelauswertung der Abbildungsregionen

Die **Tab. 13** und **14** geben die Bewertung der anatomischen Strukturen der untersuchten Abbildungsregionen im posterior-anterioren und lateralen Strahlengang wieder. Die **Abbildung 30 – 35** zeigen Beispiele für die Auswertung von Patientenaufnahmen. Alle Aufnahmen sind in der spiralförmigen Weitwinkeltomographie am SCANORA-Röntgengerät angefertigt.

Tab. 13: Einzelauswertung der anatomischen Strukturen der Abbildungsregionen im posterior-anterioren Strahlengang.

| Region | anatomische Struktur | Bewertung | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------|-----|-----|-----|
| | | ++ | + | ± | 0 |
| Orbita (n= 28) | Orbitadach | 6 | 8 | 9 | 5 |
| | Orbitaboden | 0 | 16 | 9 | 3 |
| | lat. Orbitawand | 0 | 2 | 6 | 20 |
| | med. Orbitawand | 1 | 13 | 6 | 8 |
| Kieferhöhle (n= 184) | Kieferhöhlendach | 13 | 38 | 67 | 66 |
| | Kieferhöhlenboden | 17 | 54 | 66 | 47 |
| | lat. Kieferhöhlenwand | 13 | 43 | 70 | 47 |
| | med. Kieferhöhlenwand | 16 | 47 | 75 | 46 |
| Oberkiefer (n= 88) | Zahnregion | 21 | 39 | 22 | 6 |
| | lat. Alveolarfortsatz | 3 | 34 | 39 | 12 |
| | med. Alveolarfortsatz | 4 | 19 | 47 | 18 |
| Kiefergelenk (n= 96) | Gelenkspalt | 30 | 28 | 20 | 18 |
| | Caput mandibulae | 21 | 27 | 32 | 16 |
| | Collum mandibulae | 24 | 36 | 29 | 7 |
| Unterkiefer aufst. Ast (n= 32) | lat. Begrenzung | 7 | 14 | 11 | 0 |
| | med. Begrenzung | 5 | 13 | 14 | 0 |
| Unterkieferkörper (n= 592) | linguale Begrenzung | 75 | 170 | 206 | 141 |
| | buccale Begrenzung | 94 | 143 | 200 | 155 |
| | Canalis mandibularis | 31 | 103 | 147 | 311 |
| | Corticalis mandibularis | 54 | 178 | 222 | 138 |
| Unterkieferfront (n= 4) | Zahnregion | 2 | 2 | 0 | 0 |
| | vest. Unterkieferrand | 1 | 2 | 1 | 0 |
| | ling. Unterkieferrand | 1 | 1 | 2 | 0 |

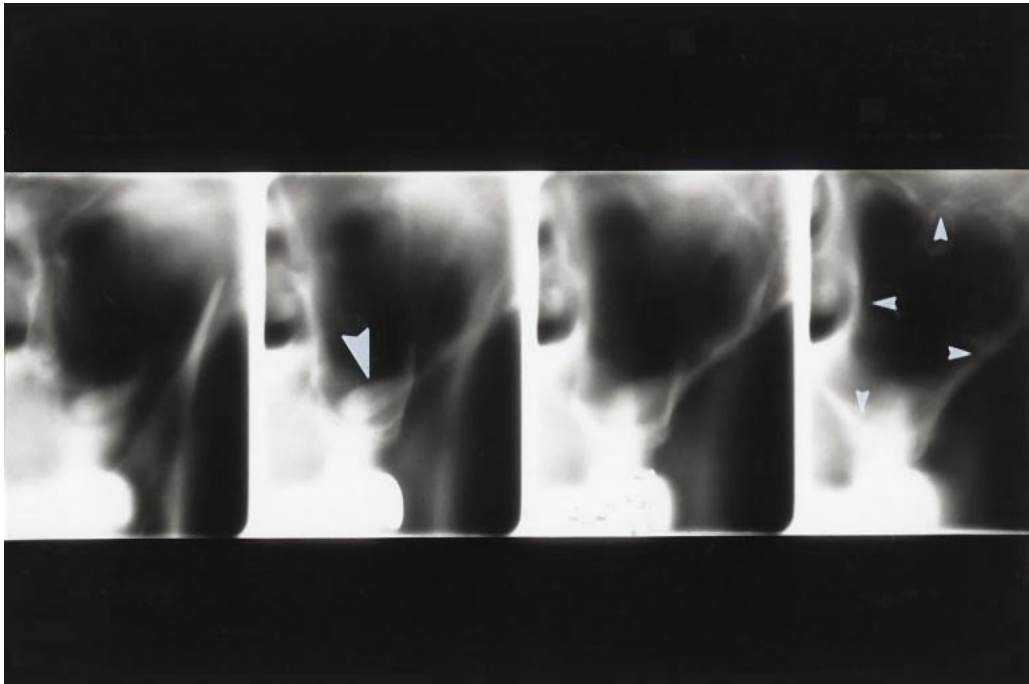


Abb. 30: Kieferhöhle in p.a. Projektion; Belichtung: 70kV, 1,6mA; Programm Nr.: 886; Diagnose: verlagerter Zahn (große Pfeilspitze). „Sehr gute“ Darstellung der knöchernen Begrenzung der Kieferhöhle (kleine Pfeilspitzen) und des Befundes.

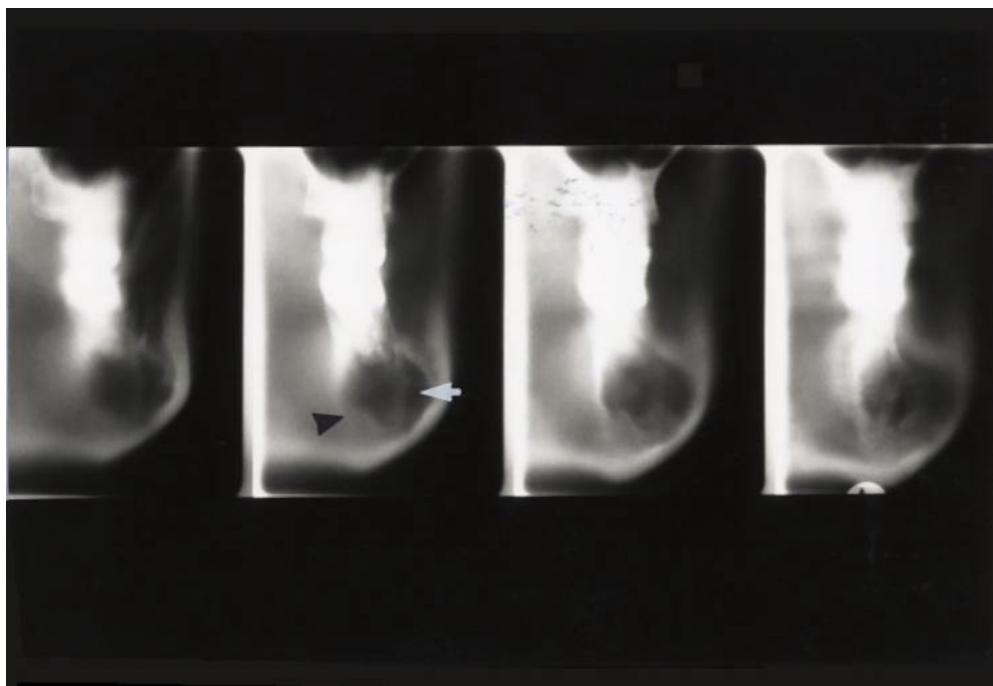


Abb. 31: Unterkieferkörper in p.a. Projektion; Belichtung: 70kV, 2,0mA; Programm Nr.: 807; Diagnose: Unterkieferzyste (weißer Pfeil). „Gute“ Darstellung des Befundes bei unzureichender Abbildung der medialen Unterkieferbegrenzung (schwarze Pfeilspitze). Fehlende Darstellung des Canalis mandibularis.

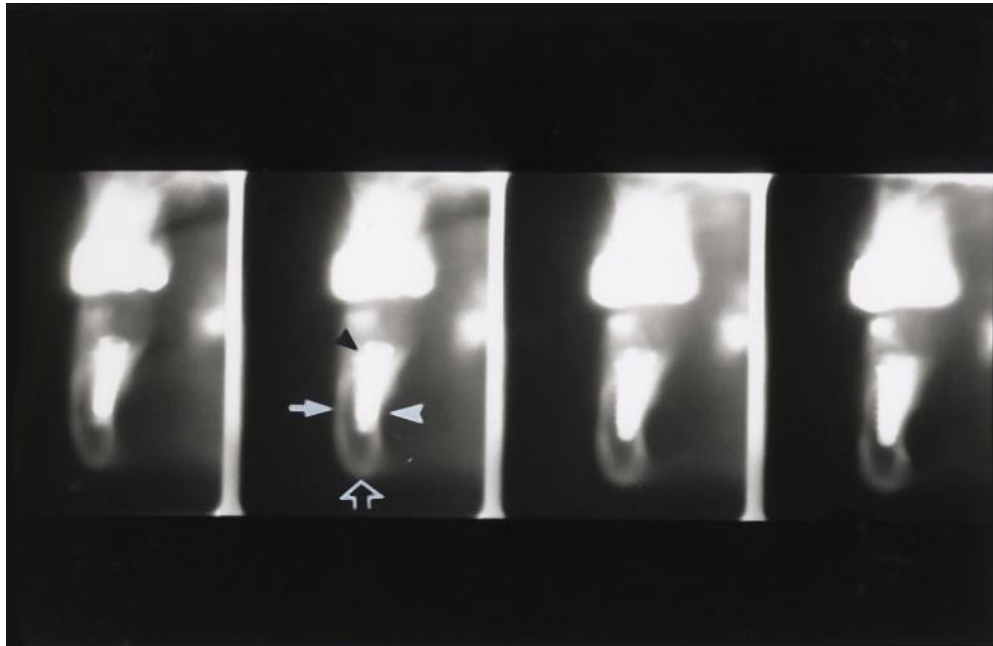


Abb. 32: Unterkieferkörper in p.a. Projektion; Belichtung: 66kV, 1,6mA; Programm Nr.: 765; Diagnose: Z.n. Implantat (schwarze Pfeilspitze). „Sehr gute“ Darstellung der medialen (weiße Pfeilspitze), lateralen (Pfeil) Unterkieferbegrenzung, der Corticalis mandibularis (offener Pfeil) bei fehlender Abbildung des Canalis mandibularis.

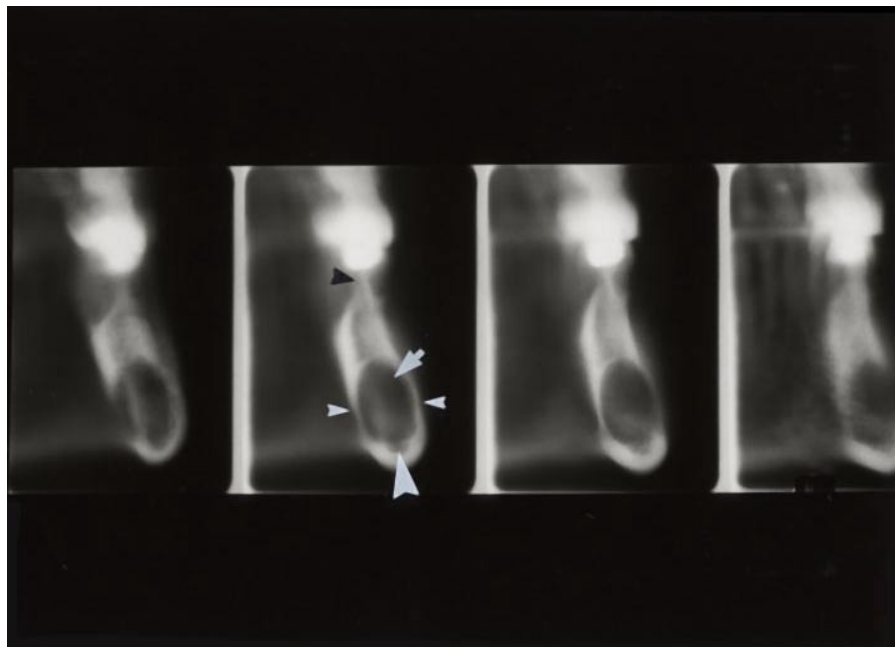


Abb. 33: Unterkieferkörper in p.a. Projektion; Belichtung: 66kV, 1,6mA; Programm Nr.: 806; Diagnose: Zyste (weißer Pfeil). „Sehr gute“ Darstellung der medialen und lateralen Unterkieferbegrenzung (Pfeilspitzen) und „ausreichende“ Abbildung der Zahnregion (schwarze Pfeilspitze) und des Canalis mandibularis (große Pfeilspitze).

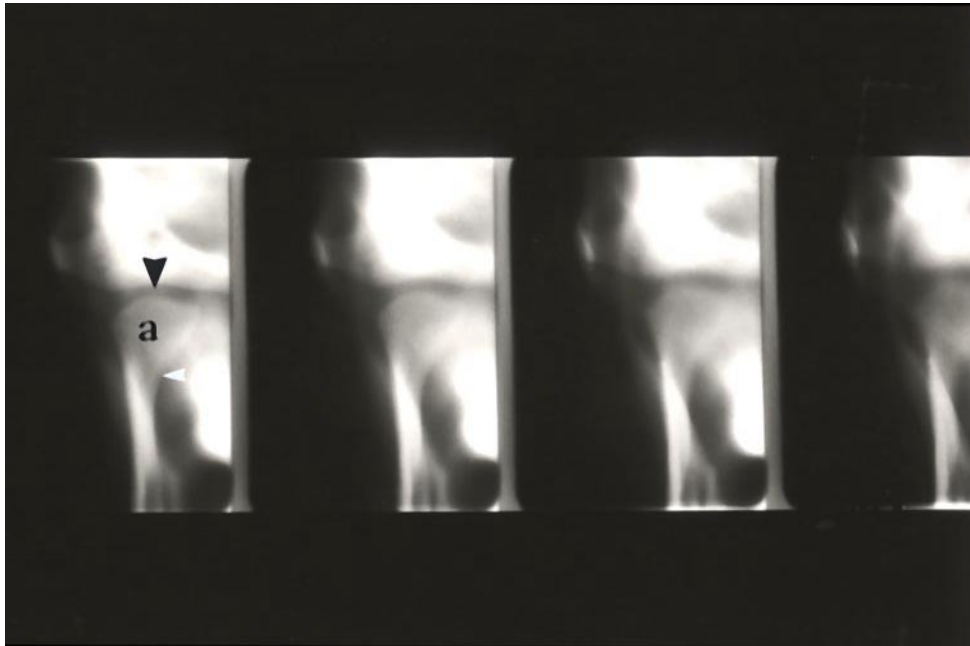


Abb. 34: Kiefergelenk in p.a. Projektion; Belichtung: 70kV, 2,0mA; Programm Nr.: 551; Diagnose: Frakturausschluß. „Sehr gute“ Abbildung der anatomischen Strukturen (a= Gelenkköpfchen, schwarzer Pfeil= Gelenkspalt, weißer Pfeil= Collum mandibulae).

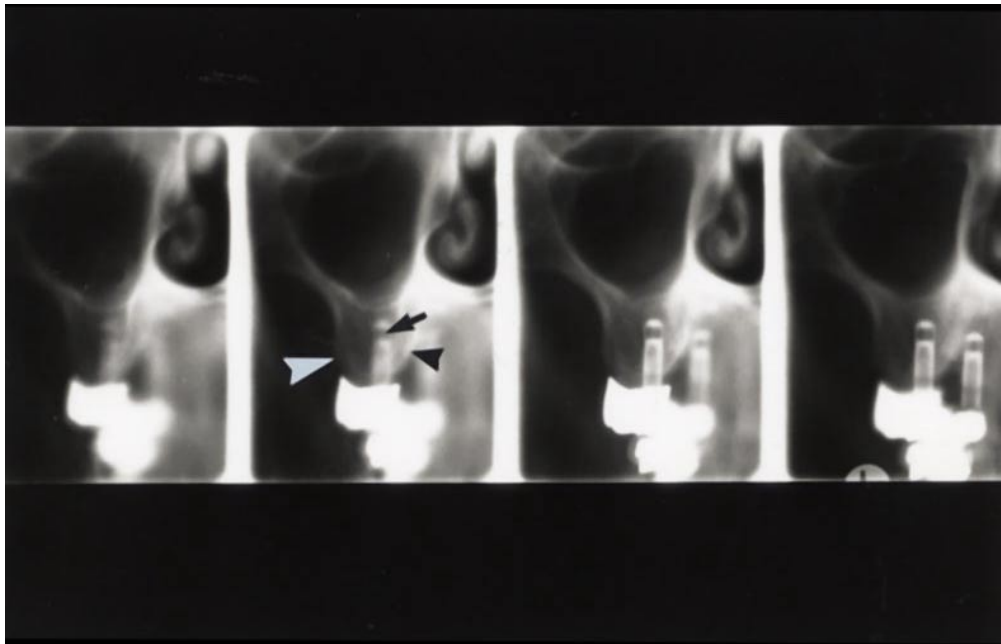


Abb. 35: Oberkiefer in p.a. Projektion; Belichtung: 66kV, 5mA; Programm Nr.: 796; Diagnose: Z.n. Implantat (schwarzer Pfeil). „Sehr gute“ Darstellung des medialen Alveolarfortsatzes (schwarze Pfeilspitze) bei „ausreichender“ Abbildung des lateralen Alveolarfortsatzes (weiße Pfeilspitze). „Sehr gute“ Darstellung der untersuchten Zahnregion sowie des Befundes.

Tab. 14: Einzelauswertung der anatomischen Strukturen der Abbildungsregionen im lateralen Strahlengang.

| Region | Anatomische Struktur | Bewertung | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------|-----|-----|-----|
| | | ++ | + | ± | 0 |
| Orbita (n= 20) | Orbitadach | 8 | 8 | 2 | 2 |
| | Orbitaboden | 0 | 10 | 6 | 4 |
| Kieferhöhle (n= 60) | Kieferhöhlendach | 2 | 15 | 16 | 27 |
| | dors. Kieferhöhlenwand | 4 | 25 | 10 | 21 |
| | vent. Kieferhöhlenwand | 1 | 6 | 19 | 34 |
| | Kieferhöhlenboden | 1 | 14 | 23 | 22 |
| Oberkiefer (n= 52) | Kieferhöhlenboden | 5 | 22 | 16 | 9 |
| | Zahnregion | 12 | 26 | 11 | 3 |
| Kiefergelenk (n= 132) | Gelenkspalt | 35 | 51 | 22 | 24 |
| | Caput mandibulae | 29 | 48 | 39 | 16 |
| | Collum mandibulae | 17 | 49 | 36 | 30 |
| Unterkiefer aufst. Ast (n= 12) | ventrale Begrenzung | 1 | 6 | 5 | 0 |
| | dorsale Begrenzung | 0 | 6 | 3 | 3 |
| Unterkieferkörper (n= 408) | Zahnregion | 189 | 131 | 68 | 20 |
| | Canalis mandibularis | 61 | 103 | 80 | 164 |
| | Alveolarkamm | 116 | 132 | 109 | 51 |
| | Corticalis mandibularis | 41 | 182 | 118 | 67 |
| Unterkieferfront (n= 8) | Zahnregion | 4 | 4 | 0 | 0 |
| | Alveolarkamm | 0 | 4 | 4 | 0 |
| | Corticalis mandibularis | 3 | 5 | 0 | 0 |

Abkürzungen und Symbole für Tab. 13 – 14: lat. = lateral; med. = medial; dors. = dorsal; ventr. = ventral; vest. = vestibular; ling. = lingual; aufst. Ast = aufsteigender Ast; ++ = sehr gut; + = gut; ± = ausreichend; 0 = nicht ausreichend.

Abbildung 36 – 38 zeigen Beispiele für die Auswertung von Patientenaufnahmen im lateralen Strahlengang. Alle Aufnahmen sind wiederum in der spiralförmigen Weitwinkeltomographie am SCANORA-Röntgengerät angefertigt.

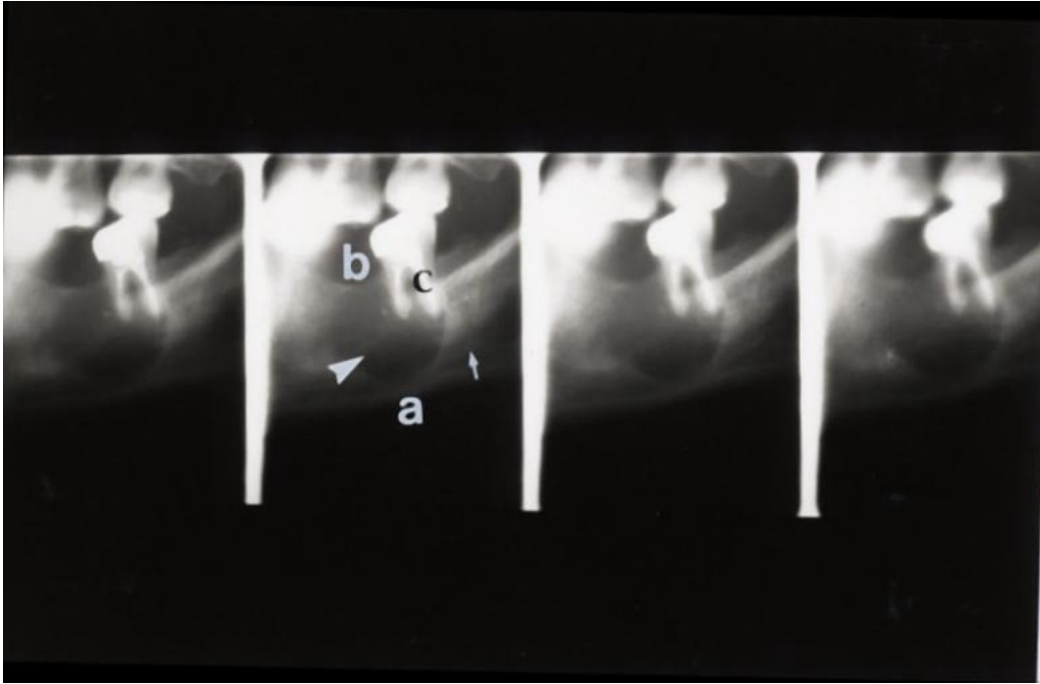


Abb. 36: Unterkieferkörper in lateraler Projektion; Belichtung: 66kV, 2,5mA; Programm Nr.: 741; Diagnose: Zyste (weiße Pfeilspitze). Die Corticalis (a), der Alveolarkamm (b), die Zahnregion (c), sowie der Befund sind „gut“ abgebildet, während die Darstellung der und des Canalis mandibularis (weißer Pfeil) „ausreichend“ ist.

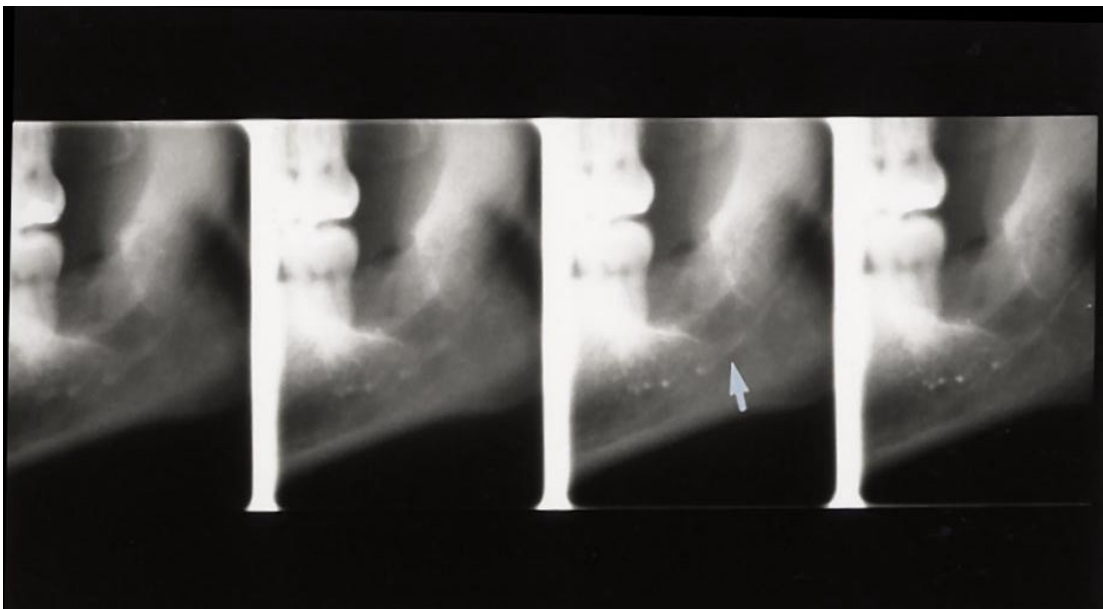


Abb. 37: Unterkieferkörper in lateraler Projektion; Belichtung: 66kV, 2,5mA; Programm Nr.: 740; Diagnose: Fremdkörper. „Sehr gute“ Darstellung der anatomischen Strukturen mit „guter“ Abbildung des Canalis mandibularis (weißer Pfeil).

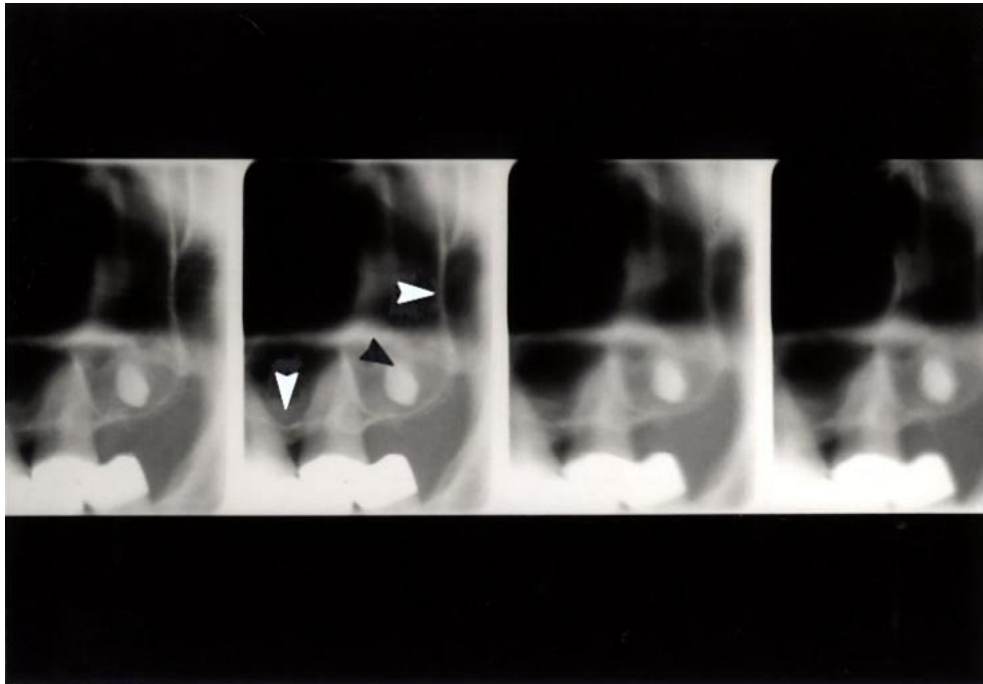


Abb. 38: Kieferhöhle in lateraler Projektion; Belichtung: 70kV, 2,0mA; Programm Nr.: 492; Diagnose: verlagertes Zahn (schwarzer Pfeil). „Sehr gute“ Darstellung der dorsalen Begrenzung der Kieferhöhle und des Kieferhöhlenbodens (weiße Pfeile) bei fehlender Abbildung der ventralen Begrenzung sowie des Kieferhöhlendaches.

4.3.3 Diagnostische Wertigkeit der Abbildungsregionen

Um die diagnostische Wertigkeit beurteilen zu können werden die Abbildungsregionen, darzustellenden anatomischen Strukturen sowie Befunde einzeln ausgewertet. Ziel ist die Beurteilung, welche Projektionen des knöchernen Gesichtsschädel eine optimale Darstellung der Strukturen und des Befundes ermöglichen bzw. bei welchen Schichtorientierungen die Diagnostik unzureichend ist.

Die Gesamtauswertung der **Abbildungsregionen** (**Tab. 8** und **Abb. 27**) zeigt, daß die Darstellung der anatomischen Strukturen (n= 6304) häufiger mit „nicht ausreichend“ (n= 1572 bzw. 24,9%) als mit „sehr gut“ (n= 968 bzw. 15,4%) bewertet werden. Die Auswertung des posterior-anterioren Strahlenganges (**Tab. 9** und **Abb. 28**) weist eine ähnliche Verteilung auf. Im Gegensatz dazu werden im lateralen Strahlengang (**Tab. 10** und **Abb. 29**) die Strukturen annähernd gleich mit „sehr gut“ (n= 529 bzw. 21,5%) und „nicht ausreichend“ (n= 497 bzw. 20,2%) bewertet.

Bei der Gesamtauswertung des **Befundes** (**Tab. 8** und **Abb. 27**), werden 337 (19,7%) der untersuchten 1716 Abbildungen mit „sehr gut“ und 309 (18,0%) mit „nicht ausreichend“ bewertet. Sowohl im posterior-anterioren (**Tab. 9** und **Abb. 28**) als auch im lateralen Strahlengang wird die Darstellung des Befundes überwiegend mit „gut“ bewertet (**Tab. 10** und **Abb. 29**).

Einzelauswertung der anatomischen Strukturen der Abbildungsregionen im posterior-anterioren Strahlengang (Tab. 11 und 13).

Im posterior-anterioren Strahlengang werden die anatomischen Strukturen der Unterkieferfront, des Kiefergelenkes und des Unterkieferkörpers überwiegend mit „sehr gut“ bzw. „gut“ beurteilt.

Auf den 96 Abbildungen des **Kiefergelenkes** erhält die Abbildungsregion Collum mandibulae die beste Beurteilung („sehr gut“: n= 24 bzw. 25%, „gut“: n= 36 bzw. 37,5%, „ausreichend“: n= 29 bzw. 30,2%, „nicht ausreichend“: n= 7 bzw. 7,3%). Während die Darstellung des Gelenkköpfchens überwiegend mit „ausreichend“ (n= 32 bzw. 33,3%) bewertet wird. Der Gelenkspalt ist auf 30 Röntgenbildern (31,2%) „sehr gut“ dargestellt. Auf 18 Abbildungen (18,8%) ist die Wiedergabe nicht ausreichend.

Im Bereich der **Orbita** (28 Einzelschichtaufnahmen) wird die anatomische Struktur des Orbitadaches am häufigsten mit „sehr gut“ bewertet (n= 6 bzw. 21,4%). Die schlechteste Beurteilung erhält die laterale Begrenzung der Orbita. Sie ist auf 20 Einzelschichtaufnahmen (71,4%) „nicht ausreichend“ dargestellt.

In der Untersuchungsregion der **Kieferhöhle** und des **Unterkieferkörpers** werden die untersuchten anatomischen Strukturen gehäuft mit „ausreichend“ und „nicht ausreichend“ beurteilt.

Bei der Auswertung der 184 Röntgenbilder der **Kieferhöhle** erhält der Kieferhöhlenboden die beste Beurteilung („sehr gut“: n= 17 bzw. 9,2%, „gut“: n= 54 bzw. 29,3%, „ausreichend“: n= 66 bzw. 35,9%, „nicht ausreichend“: n= 47 bzw. 25,5%). Das Kieferhöhlendach wird am schlechtesten beurteilt. Auf 66 (35,9%) der ausgewerteten Röntgenbilder ist diese anatomische Struktur „nicht ausreichend“ und auf 67 (36,4%) Tomographien „ausreichend“ dargestellt.

Im Rahmen der Untersuchung der anatomischen Strukturen der 592 Einzelschichtaufnahmen des **Unterkieferkörpers** fällt die schlechte Bewertung des Canalis mandibularis auf. Der Nervenkanal ist auf 311 (52,5%) „nicht ausreichend“ und nur auf 31 (5,2%) Bildern „sehr gut“ dargestellt. Die Darstellung der übrigen anatomischen Strukturen wird in der Mehrzahl mit „ausreichend“ beurteilt (linguale Begrenzung n= 206 bzw. 34,8%, buccale Begrenzung n= 200 bzw. 33,8%, Corticalis mandibularis n= 222 bzw. 37,5%).

Überwiegend mit „gut“ und „ausreichend“ werden die anatomischen Strukturen des **Oberkiefers** bewertet. Die beste Beurteilung der insgesamt 88 untersuchten Röntgenbilder erhält die darzustellende Zahnregion, die auf 21 (23,9%) „sehr gut“ und nur auf 6 Röntgenbildern (6,8%) „nicht ausreichend“ abgebildet wird.

Einzelauswertung der anatomischen Strukturen der Abbildungsregionen im lateralen Strahlengang (Tab. 12 und 14).

Die anatomischen Strukturen im Bereich der Orbita, des Kiefergelenkes, des aufsteigenden Astes des Unterkiefers, des Unterkieferkörpers und der Unterkieferfront werden in dieser Untersuchung überwiegend mit „gut“ bewertet. Die anatomischen Strukturen des Oberkiefers werden gehäuft mit „ausreichend“ und die der Kieferhöhle überwiegend mit „nicht ausreichend“ beurteilt.

Im lateralen Strahlengang ist im Bereich der **Orbita** (insgesamt 20 Einzeltomographien) die Bewertung des Orbitadaches („sehr gut“: n= 6 bzw. 40%, „nicht ausreichend“: n= 2 bzw. 10%) besser als die des Orbitabodens (n= 0 „sehr gut“, „nicht ausreichend“: n= 4 bzw. 20%). Auf den 132 Röntgenbildern der Abbildungsregion des **Kiefergelenkes** erhält der Gelenkspalt die beste Beurteilung („sehr gut“: n= 35 bzw. 26,5%, „gut“: n= 51 bzw. 41,7%). Das Collum mandibulae wird hingegen auf 30 (22,7%) Tomographien mit „nicht ausreichend“ bewertet.

Im Bereich des **aufsteigenden Astes des Unterkiefers** wird die ventrale Begrenzung besser als die dorsale Begrenzung des Ramus mandibulae beurteilt.

Bei der Untersuchung der 592 Einzeltomographien des **Unterkieferkörpers** erhält die abzubildende Zahnregion die beste Bewertung. Auf 189 Röntgenbildern (18,9%) ist sie „sehr gut“ dargestellt. Die schlechteste Bewertung erhält der Canalis mandibularis. Er wird auf 164 Bildern (16,4%) mit „nicht ausreichend“ bewertet.

Im Bereich des **Oberkiefers** (n= 52) stellt sich die Zahnregion („sehr gut“ 12 bzw. 23,1%) besser als der Kieferhöhlenboden („sehr gut“: n= 5 bzw. 9,6%) dar.

Die Auswertung der anatomischen Strukturen der **Kieferhöhle** auf insgesamt 60 Tomographien ergibt für die dorsale Kieferhöhlenwand („sehr gut“: n= 4 bzw. 6,7%, „nicht ausreichend“: n= 21 bzw. 35%) die beste und für die ventrale Kieferhöhlenwand („sehr gut“: n= 1 bzw. 1,7%, „nicht ausreichend“: n= 34 bzw. 56,7%) die schlechteste Beurteilung. Ebenso werden das Kieferhöhlendach und der Kieferhöhlenboden überwiegend mit „nicht ausreichend“ beurteilt.

Einzelauswertung des Befundes der Abbildungsregionen im posterior-anterioren Strahlengang (Tab. 11).

Die Darstellung und Lokalisationsmöglichkeit des Befundes in der Abbildungsregion der **Orbita** des **Oberkiefers**, des **Körpers und aufsteigenden Astes des Unterkiefers** wird überwiegend mit „gut“ bewertet. In der **Unterkieferfront** ist der Befund auf 2, der insgesamt nur 4 beurteilten Tomographien, „sehr gut“ dargestellt und zu lokalisieren. Im Bereich der **Kieferhöhle** wird der Befund auf den 184 Röntgenbildern überwiegend mit „ausreichend“ (n= 62 bzw. 33,7%) bewertet.

Einzelauswertung des Befundes der Abbildungsregionen im lateralen Strahlengang (Tab. 12).

Im Bereich des **aufsteigenden Ast des Unterkiefers** (n= 12) wird auf 7 Tomographien (58,3%) der Befund mit „sehr gut“ beurteilt. In der **Unterkieferfront** erhält der Befund auf 7 (87,5%) der insgesamt 8 Röntgenbildern die Bewertung „sehr gut“. Überwiegend mit „gut“ wird der Befund auf den 52 Tomographien des **Oberkiefers** („gut“: n= 28 bzw. 53,8%), des **Kiefergelenks** (n= 132; „gut“: n= 54 bzw. 40,9%) und des **Unterkieferkörpers** (n= 408; „gut“: n= 163 bzw. 40,0%) bewertet.

Bei der Darstellung der **Kieferhöhle** (n= 60) ist die Befundbeurteilung auf 20 (33,3%) der untersuchten Tomographien „gut“ bzw. „ausreichend“.

Die schlechteste Beurteilung bezüglich des Befundes erhält im lateralen Strahlengang die **Orbita**. Auf 8 (40,0%) der 20 untersuchten Röntgenbilder wird der Befund mit „ausreichend“ und auf 7 (35,0%) der Abbildungen mit „nicht ausreichend“ bewertet.

5. DISKUSSION

Das Röntgengerät SCANORA der finnischen Firma Soredex ist eine Weiterentwicklung des Panoramaschichtgerätes. Es handelt sich um eine Multifunktionsröntgenanlage für Untersuchungen des dentomaxillär-facialen Bereiches. In diesem Gerät sind erstmals die Kombination Panoramaschichtaufnahme und mehrdimensionale Schichtverfahren, mit der Ablaufbahn einer Spirale, vereinigt.

Phantomaufnahmen

MOLANDER et al. (1995) stellen in einer vergleichenden Untersuchung des Jaw-Panoramagrammes des SCANORA-Röntgengerätes mit unterschiedlichen konventionellen Panoramaschichtgeräten kein Unterschied bezüglich des Informationsgehaltes der Panoramascichtaufnahmen fest. Ebenso zeigt auch diese Untersuchung eine vergleichbare diagnostische Aussagekraft der Orthopantomographien des Panoramaschichtgerätes Orth-Oralix und des SCANORA-Röntgengerätes.

Gesamtübersicht

Ziel dieser Arbeit ist die standardisierte Beurteilung der Abbildungsqualität des SCANORA-Röntgengerätes, sowie die diagnostische Sicherheit bei der Beurteilung von ossären Läsionen in der Zahn-, Mund- und Kieferregion. Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieses Gerätes sind in der Literatur bereits von anderen Arbeitsgruppen beschrieben worden (GRÖHNDAHL u. EKESTUBBE 1992, HALLIKAINEN et al. 1992, TAMMISALO et al. 1992, GRÖHNDAHL et al. 1993). Jedoch haben sich bislang nur wenige Autoren mit der Abbildungsqualität und der diagnostischen Sicherheit beschäftigt. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein heterogenes Patientengut, das in dem Untersuchungszeitraum von 1989 bis 1993 mit dem SCANORA-Röntgengerät (Fa. Soredex Orion Co.) untersucht wird, erfaßt und hinsichtlich Abbildungsqualität, Abbildungsumfang und Darstellung der Pathologie bewertet. Während andere Arbeitsgruppen sich lediglich mit detaillierten und speziellen Fragestellungen in der orofazialen Chirurgie beschäftigen und den Einsatz des Röntgenschichtgerätes bewerten (TAMMISALO et al. 1992; TAMMISALO T et al. 1994; KAEPLER et al. 1995), gibt es bisher nur eine größere Publikation (TAMMISALO u. TAMMISALO 1991) über die Abbildungsqualität und diagnostische Sicherheit in einem großen, heterogenen Patientengut. TAMMISALO u. TAMMISALO (1991) haben eine standardisierte Auswertung in Form einer ROC-Analyse von 12000 Patienten mit dem SCANORA-Röntgengerät publiziert. Eine weitere Arbeitsgruppe (GRÖHNDAHL et al. 1993) berichten ebenfalls über eine größere

Fallzahl (10000 Patienten), die ungefähr in dem gleichen Zeitraum wie diese Studie untersucht wird. Eine standardisierte Auswertung dieser Patientenzahl erfolgt nicht.

Die im Vergleich zu den anderen Arbeitsgruppen geringere Fallzahl dieser Studie beruht auf der Tatsache, daß das SCANORA-Schichtgerät während des Erhebungszeitraumes als neue Untersuchungsmodalität in die klinische Routine eingeführt wird.

Die Differenz zwischen Patientenanzahl ($n= 398$) und Anzahl der Einzelschichtaufnahmen ($n= 1716$) in dieser Arbeit läßt sich durch eine unzureichende Befunddarstellung auf vier einzelnen Tomographien erklären. Aufgrund dieser Tatsache wird eine weitere Röntgenschichtaufnahme des Befundes angefertigt. Da jede Tomographieserie aus vier Schichtaufnahmen besteht ist kritisch anzumerken, daß bei der Mehrzahl der Patienten, das zusätzlich untersuchte Volumina über einen pathologischen Befund hinausgeht. Diese überzählig angefertigten Einzelschichtaufnahmen stellen eine zusätzliche Strahlenmehrbelastung ohne diagnostische Mehrinformation dar und fließen negativ in die Auswertung ein. Die Möglichkeit der individuellen Reduzierung der Schichtaufnahmen in einer Tomographieserie wird in der Literatur auch von BSCHORER et al. (1993) gefordert.

Fehlaufnahmen

In den bislang publizierten Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen finden sich keine Angaben zu Fehlaufnahmen. Hauptursache für Fehlaufnahmen in dieser Arbeit sind Fehler in der Belichtung des Röntgenfilmes. Die Belichtungszeiten am SCANORA-Röntgenschichtgerät können nicht frei gewählt werden, sondern werden durch Darstellungsmodi, Darstellungsregion und Patientengröße definiert. Insbesondere im Bereich extremer Dichteunterschiede, wie sie zum Beispiel im Bereich der Ober- und Unterkieferfront (Übergang Knochen zu Luft) vorliegen, kommt es aufgrund der fehlenden Möglichkeit der individuellen Belichtungszeitreduktion zu Überbelichtungen. Eine falsche Ermittlung der Codeziffer (zum Beispiel durch fehlerhaftes Ausmessen der zuvor angefertigten Panoramaschichtaufnahme, Ablesen falscher Codezahlen aus der Bedienungseinleitung, falsche Größeneinschätzung von Zahnbögen) erfolgte nur vereinzelt und dokumentiert die gute Benutzerführung des Gerätes. Eine größere Fehlerquelle in dieser Arbeit stellt allerdings die Patientenpositionierung, die durch definierte Lichtachsen auf dem Gesichtsschädel erfolgt, dar. Das Ergebnis der erstellten SCANORA-Röntgenbilder hängt, wie alle Röntgenverfahren, von der Mitarbeit des Patienten ab, wobei sich der Patient in dem SCANORA-Röntgengerät stets in sitzender Position befindet und unangenehme sowie unter Umständen schmerzhaft Lagerungspositionen vermieden werden können (GRÖHNDAHL u. EKESTUBBE 1992). Hingegen ist die Untersuchung am Liegenden, wie sie zum Beispiel beim schwerverletzten oder polytraumatisierten Patient erforderlich wäre, nicht möglich.

Die Darstellungshäufigkeit im posterioren-anterioren und lateralen Strahlengang sind in **Tab. 5** und **6** dokumentiert. Es werden im posterior-anterioren Strahlengang 1024 und im lateralen Strahlengang 692 Röntgenbilder bewertet. Die Differenz läßt sich durch die routinemäßig zuerst angefertigte sagittale Ebene erklären, die in vielen Fällen aufgrund der geforderten Fragestellung ausreicht. Zusatzinformationen liefert auch die Panoramaschichtaufnahme mit der lateralen Abbildung des Kiefergelenkes und Teile des Ober und Unterkiefers. Auf eine Darstellung im lateralen Strahlengang kann daher oftmals verzichtet werden.

Abbildungsregion

Die in dieser Arbeit bewerteten Abbildungsregionen werden aufgrund der anatomischen Gliederung des knöchernen Gesichtsschädels ausgewählt (REISNER u. GOSEPATH 1973, MÖDDER u. LENZ 1991, ASSAEL 1993, PASLER 1995). Es ergeben sich sieben unterschiedliche Abbildungsregionen (**Tab. 4**). Die genaue Zuordnung zu einer der sieben definierten Abbildungsregionen ist jedoch im Einzelfall nicht immer möglich. Die Gruppierung zu einer Region erfolgt dann in der Regel durch den Untersucher, je nach Befundkonstellation und vorrangiger Lokalisation. So ist die geringe Anzahl an Röntgenbildern, die im Bereich der Kieferhöhle mit der Fragestellung nach Zysten angefertigt werden dadurch begründet, daß es aufgrund der anatomischen Nähe zwischen dem Alveolarkamm und dem Kieferhöhlenboden bei der Festlegung der Abbildungsregion Überschneidungen gibt, die keine eindeutige Entscheidung zulassen. Es wird in diesen Fällen zugunsten der Oberkieferregion entschieden.

Jahresverteilung

Eine aufgeschlüsselte Analyse der Jahresverteilung von Untersuchungen mit dem SCANORA-Röntgenschnittgerät ist bislang in der Literatur nicht beschrieben. Die in dieser Arbeit vorgestellte Aufschlüsselung ist auch streng institutsspezifisch und kann nur bedingt auf andere Arbeitsgruppen übertragen werden. Wertend fließen in diese Aufschlüsselung vor allem die individuellen Arbeitsschwerpunkte der Überweiser ein, welche im Vergleich zu anderen Arbeitsgruppen, nicht repräsentativ sind. Auffallend ist im Vergleich zu den bislang publizierten Studien eine deutlich geringere Anzahl an Implantat-Patienten (TAMMISALO et al. 1992, EKESTUBBE u. GRÖHNDAHL 1993, SPAHN 1994, TAMMISALO et al. 1994, SVENSON u. PALMQVIST 1996). Die Röntgenanforderung bei traumatisierten und polytraumatisierten Patienten in diesem Kollektiv liegt deutlich unter den in der Literatur bislang veröffentlichten Zahlen (IIZUKA et al. 1991, LINDQVIST et al. 1992, SÖDERHOLM et al. 1992). Im Zuge der Integration neuerer bildgebender Verfahren (zum Beispiel CT) in die Zahn-, Mund- und Kieferdiagnostik sinkt die Anforderungshäufigkeit für die konventionelle Tomographie. Insbesondere die neueste Generation der CT-Scanner mit der Möglichkeit der

3D-Rekonstruktion und der hochauflösenden Spiraltechnik erlaubt vielfach eine untersuchungstechnisch stark vereinfachte Diagnostik bei Trauma- und Tumorpatienten (ZANELLA et al. 1983, MEES et al. 1985, WITTE et al. 1986, ROTHMAN et al. 1988, RAY et al. 1993, WICHT et al. 1994, VANNIER et al. 1995).

Die Auswertung der Jahresverteilung der Röntgenanforderungen zeigt eine weitgehend homogene Verteilung der Anforderungen über das Jahr. Hierbei ist das erste Jahr (1989) dieser Arbeit unterrepräsentiert. Mit zunehmender Akzeptanz der Röntgenmultifunktionsanlage, auch bei den zuweisenden klinischen Kollegen, kam es in den darauffolgenden Jahren zu einem deutlichen Anstieg der Untersuchungszahlen. 1993 werden nur Untersuchungen bis Mai des Jahres erfaßt. Bei einer Anzahl von 232 Röntgenbildern (13,5%), die in den ersten 5 Monaten erstellt werden, ist in Hinblick auf das ganze Jahr mit einer Gesamtzahl der Röntgenbilder zu rechnen, die der Jahre 1991 und 1992 entspricht. Eine saisonale Häufung der Untersuchungsanforderungen ist nicht zu beobachten.

Abbildungsregionen, Indikationen und Verdachtsdiagnosen

Die Indikationen bzw. klinischen Verdachtsdiagnosen werden in 11 Gruppen unterteilt. **Tab. 7** gibt das Verhalten von Abbildungsregion und Indikation bzw. klinischer Verdachtsdiagnose zueinander wieder. Bei der Gesamtauswertung der Abbildungsregionen und des Befundes (**Tab. 8-14**) ist die Beurteilung im lateralen Strahlengang insgesamt deutlich besser als im posterior-anterioren Strahlengang.

Die häufigste Fragestellung im Bereich des **Unterkieferkörpers** sind verlagerte und retinierte Zähne (n= 192). In der Literatur wird auf die Notwendigkeit der exakten Lokalisation von verlagerten Zähnen zu benachbarten anatomischen Strukturen hingewiesen (ROTTKE 1971, ENGSTRÖM u. SAGNE 1980, BORROSCH 1982, OSBORN et al. 1985). Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen (HALLIKAINEN et al. 1992, KAEPLER et al. 1995) eine schlechte Darstellbarkeit des Canalis mandibularis sowohl im lateralen als auch im sagittalen Strahlengang. Obwohl die von KAEPLER et al. (1995) geforderte spezielle Einstellung des Patientenkopfes, für den optimierten senkrechten Verlauf des Nervenkanals, bei dieser Untersuchung berücksichtigt werden. Neben einer ungünstigen Patientenpositionierung bereiten bei der Interpretation oft auch vor oder hinter der angegebenen Schicht gelegene Strukturen, die auf den Film projiziert werden, Probleme. TAMMISALO et al. (1992) hingegen halten Multiprojektionsdarstellungen des SCANORA-Röntgengerätes als geeignetes Verfahren für die Lokalisationsdiagnostik verlagertes Weisheitszähne.

Es folgen in dieser Abbildungsregion die Indikationen bzw. Verdachtsdiagnosen Zysten, Osteolysen und Entzündungen. Auch nach FREY et al. (1989) sollten primär und sekundär osteolytische Prozesse, Knochendefekte, Sklerosen, und reaktive Verdichtungen konventio-

nell tomographisch abgeklärt werden. Röntgenologisch zeigt sich bei osteolytischen Prozessen ein buntes Bild mit teils scharfer und unscharfer Begrenzung. In der Literatur wird allerdings eine Häufigkeitsverteilung von osteomyelitischen Prozessen von 1:4 im Unterkiefer im Vergleich zum Oberkiefer angegeben (FREY et al. 1989). In dieser Untersuchung wird der Oberkiefer in keinem Fall mit dieser Fragestellung dargestellt.

Im Rahmen der Tumordiagnostik, Fremdkörpersuche, und Diagnostik von kongenitalen Anomalien im Unterkiefer weisen mehrere Autoren (BÄHREN et al. 1982, MEES et al. 1985, GADEMANN et al. 1986, WITTE et al. 1986, STEUDEL et al. 1987) auf die Vorteile der Computertomographie und Kernspintomographie, mit der Möglichkeit der dreidimensionalen Rekonstruktion, hin. Diese bildgebenden Verfahren ermöglichen im Gegensatz zu der konventionellen Tomographie, neben der Beurteilung von Knochendestruktionen insbesondere die Darstellung der exakten Tumorausdehnung sowie die Topographie des Tumors zu benachbarten Strukturen. In der vorliegenden Untersuchung werden umgebende anatomische Strukturen, wie linguale und buccale Begrenzung des Ramus mandibularis, überwiegend mit ausreichend beurteilt. Die anatomischen Strukturen werden nicht orthograd abgebildet, so daß unter Umständen eine individuelle Patientenpositionierung, wie sie von KAEPLER et al. (1995) bei der Darstellung des Canalis mandibularis gefordert wird, erforderlich ist.

In 56 Fällen der insgesamt 1000 Einzelschichtaufnahmen wird der horizontale Ast des Unterkiefers mit der Frage nach Frakturen untersucht. Nach FREY et al. (1989) sowie ROTTKE (1971) kann auf eine Tomographie des Unterkiefers bei Frakturen weitgehend verzichtet werden, da hier oft mit Nativaufnahmen ausreichende Ergebnisse erzielt werden können. LITWAN und FLIEGEL (1986) und FREY et al. (1989) beurteilen besonders die laterale Tomographie kritisch, da sie keine Zusatzinformationen zur Panoramaschichtaufnahme liefert.

In dieser Arbeit fällt die geringe Anzahl von prä- (n =28) und postoperativ (n= 48) angefertigten Aufnahmen des Unterkieferkörpers auf. In der Literatur weisen mehrere Autoren (TAMMISALO u. TAMMISALO 1991, SCHLEGEL et al. 1993, SVENSON u. PALMQVIST 1996) auf die gute Einsatzmöglichkeit des SCANORA-Röntgenschnittgerätes im Rahmen der präoperativen Implantatplanung und postoperativen Implantatkontrolle hin. ROTHMAN et al. (1988) und WICHT et al. (1994) bevorzugen hingegen im Rahmen der Implantatplanung die Computertomographie gegenüber der konventionellen Tomographie. Aufgrund einer neuen CT-Software wird eine exakte Analyse der Knochenstruktur ermöglicht.

Im Bereich des **aufsteigenden Astes des Unterkiefers** wird überwiegend die Frage nach Entzündungen gestellt. Im **Frontzahnbereich**, es werden in diesem Bereich nur 12 Röntgenaufnahmen angefertigt, lautet die Indikation bzw. Verdachtsdiagnose ausschließlich Zysten und verlagerte bzw. retinierte Zähne. Besonders im Frontzahnbereich gelingt sowohl im

lateralen als auch im sagittalen Strahlengang eine äußerst gute Darstellung der anatomischen Region und des Befundes (**Abb. 39** und **40**). Dieses Ergebnis ist aufgrund der geringen Fallzahl allerdings nicht als repräsentativ anzusehen. Bei der Untersuchung der **Kieferhöhle** (n= 244) fällt die schlechte Beurteilung der anatomischen Strukturen dieser Abbildungsregion auf. Im lateralen Strahlengang erhält die Kieferhöhle die schlechteste Beurteilung aller untersuchten Regionen. Ein Grund für dieses schlechte Ergebnis ist sicherlich der Vergrößerungsfaktor des SCANORA-Aufnahmesystemes, der es nur schwer ermöglicht alle vier ausgewählten anatomischen Strukturen auf einer Schichtaufnahme darzustellen. Wird z. B. ein Befund im Bereich des Kieferhöhlenbodens in der Bildmitte zentriert, ist eine ausreichende Darstellung des Kieferhöhlendaches nicht gegeben (**Abb. 41**).

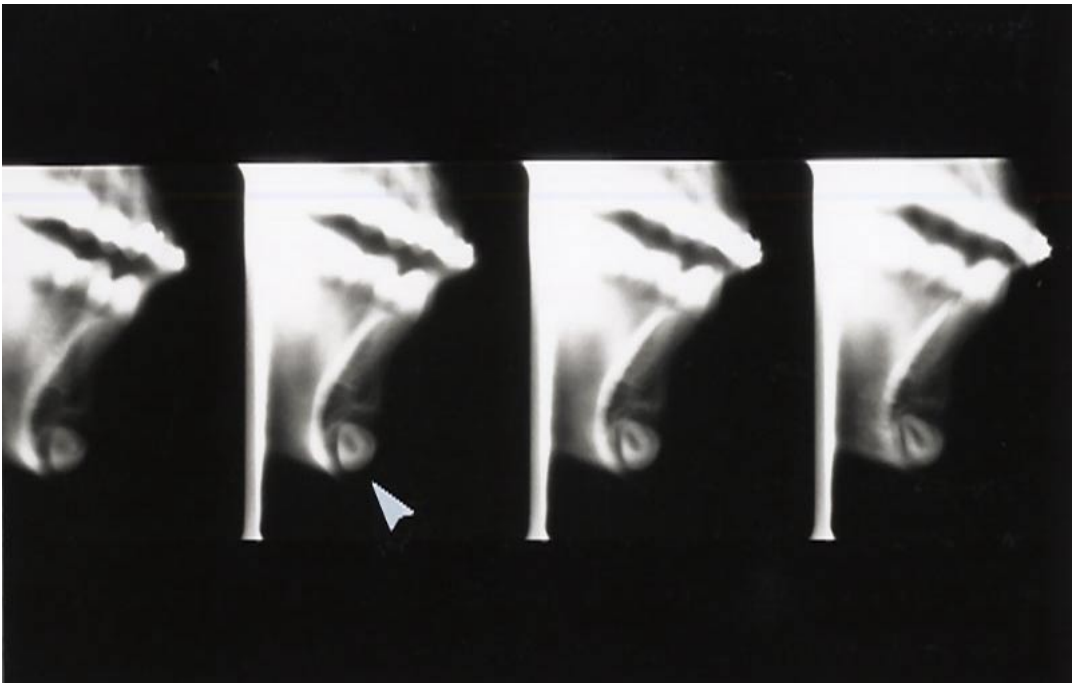


Abb. 39: Unterkieferfront in lateraler Projektion; Belichtung: 60kV, 2,0mA; Programm Nr.: 809; Diagnose: verlagerter Zahn (weiße Pfeilspitzen). „Sehr gute“ Darstellung der Anatomie und des Befundes.

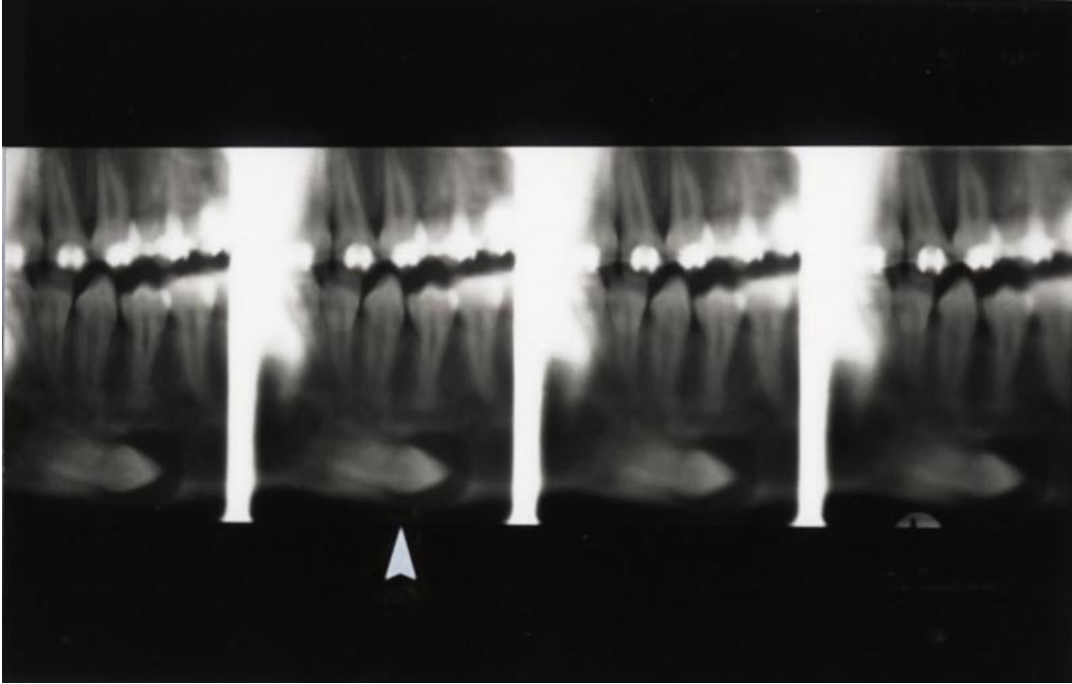


Abb. 40: Unterkieferfront in p.a. Projektion; Belichtung: 60kV, 2,5mA; Programm Nr.: 430; Diagnose: verlagertes Zahn (weiße Pfeilspitze). „Sehr gute“ Darstellung der Anatomie sowie der topographischen Lagebeziehung des Befundes zu der Zahnregion.



Abb. 41: Kieferhöhle in p.a. Projektion; Belichtung: 70kV, 2,0mA; Programm Nr.: 041; Diagnose: Verdacht auf Entzündung. Fehlende Darstellung des Kieferhöhlendaches bei sonst „guter“ Abbildung der knöchernen Begrenzungen der Kieferhöhle.

Der Kieferhöhlenboden erhält in dieser Untersuchung bei der Beurteilung der anatomischen Strukturen im posterior-anterioren Strahlengang die beste Beurteilung. Die Hauptindikationen für die Darstellung der Kieferhöhle mittels der konventionellen Tomographie in dieser Arbeit ist die Frage nach entzündlichen Prozessen und die ossäre Beteiligung. Die durchgeführte Untersuchung zeigt bei der Befundbeurteilung für den sagittalen Strahlengang (n= 184) überwiegend ein ausreichendes Ergebnis (33,7%). Im lateralen Strahlengang (n= 60) ist die Befundbeurteilung auf jeweils 33,3% gut und ausreichend. Zahlreiche Autoren empfehlen neben der konventionellen Darstellung der Nasennebenhöhlen im posterioren-anterioren Strahlengang und der Tomographie im sagittalen und lateralen Strahlengang die Computertomographie. Die CT ermöglicht neben der Abbildung von Wanddestruktionen, Sklerosierungen und der Lokalisation von weichteildichten bzw. knochendichten Einschlüssen, auch die über die Möglichkeiten der konventionellen Tomographie weit hinausgehende Differenzierung zwischen Fettgewebe, serösem und eitrigem Exsudat (MEES u. HÜBSCH 1985, FREY et al. 1992, SCHULTE u. BEYER 1992). Die Kernspintomographie wird hingegen bei der chronischen Sinusitis, aufgrund des hohen Aufwandes, das mit diesem Verfahren verbunden ist nicht herangezogen (LLOYD et al. 1987). Im Bereich der Kieferhöhle und des Oberkiefers ist die genaue Lokalisation von verlagerten und retinierten Zähnen zum Kieferhöhlenboden häufig unabdinglich und gelingt erst durch die konventionelle Tomographie (KAEPPLER et al. 1996). Auch in dieser Untersuchung konnten bei der Diagnostik verlagelter Zähne gute Darstellungen und somit optimierte präoperative Voraussetzungen geschaffen werden.

Im Rahmen der Frakturdiagnostik der Kieferhöhle sollte zwischen der tiefen maxillären Querfraktur (Le Fort I) und Frakturen mit ausgedehnteren begleitenden Weichteilverletzungen unterschieden werden. Bei letzterer ist zur Erfassung von wichtigen Zusatzinformationen (Blutung, Hämatome, Lufteinschlüsse, intrakranielle Komplikationen) eine Computertomographie durchzuführen (MEES u. HÜBSCH 1985, FREY et al. 1989). Gering ist die Häufigkeit der Darstellung der Kieferhöhle bei der Fragestellung nach Zysten (n=5). Bei der Indikation bzw. Verdachtsdiagnose Zyste sollte bedacht werden, daß etwa 75% aller odontogenen Kieferzysten radikuläre Zysten sind. Wegen der ungünstigen Überlagerung der basalen Kieferhöhlenanteile durch den Alveolarkamm im konventionellen Röntgenbild sind Defekte im Bereich der Zahnwurzel bei radikulären Zysten, sowie in sich geschlossene Hohlräume mit Zahnanlagen bei follikulären Zysten häufig schwer zu diagnostizieren. Hier ermöglicht die Tomographie eine überlagerungsfreie Darstellung und somit exakte Lokalisation. Bei der Darstellung von Zysten wird der konventionellen Tomographie anterior-posterior und lateral und der Computertomographie axial und koronar annähernd der gleiche Stellenwert eingeräumt. Die Computertomographie ist sogar gegenüber der konventionellen Tomographie im Nachteil, wenn die koronare Einstellung aus Lagerungsgründen nicht möglich ist (FREY et al. 1989).

Die Abbildungsregionen des **Kiefergelenkes** wird im lateralen und im sagittalen Strahlengang mit gut bewertet. Während im posterior-anterioren Strahlengang das Collum mandibulae die beste Beurteilung erhält, wird in der lateralen Projektion der Gelenkspalt am besten beurteilt. Im sagittalen Strahlengang gelingt es häufig nicht die Fossa mandibularis, aufgrund unzureichender Verwischung der knöchernen Gelenkpfanne, überlagerungsfrei darzustellen. Im Rahmen von weiterführender Diagnostik bei Fragestellungen nach Pathologien des temporomandibulären Gelenkes weisen auch andere Arbeitsgruppen auf die gute Darstellung des Kiefergelenkes und des Gelenkspaltes in der lateralen Tomographie hin (REISNER u. GOSEPATH 1973, LITWAN u. FLIEGEL 1986, SONNABEND 1986, FREY et al. 1989, ROSENBERG 1993, CEDERBERG 1994). Die häufigste Indikation bzw. Verdachtsdiagnose mit der diese Region dargestellt wird ist die Fraktur, gefolgt von anatomischen Variationen, Luxationen und tumorösen Veränderungen. Intrakapsuläre Frakturen werden auf Nativaufnahmen und konventionellen Tomographien häufig nicht adäquat dargestellt. In diesen Fällen sollte eine Computertomographie durchgeführt werden (ASSAEL 1993, RAY et al. 1993). Bei der Fragestellung nach einer Diskusschädigung im Rahmen eines traumatischen Ereignisses bei degenerativen oder tumorösen Veränderungen wird zunehmend auf die Kernspintomographie verwiesen (KATZBERG u. BURGNER 1986; VOGL et al. 1988, BREKEL et al. 1998).

In der Abbildungsregion des **Oberkiefers** ist die zu untersuchende Zahnregion mit dem SCANORA-Röntgengerät gut abgebildet. Es besteht also aufgrund des Ergebnisses dieser Untersuchung die Möglichkeit den intraoralen Zahnfilm durch SCANORA-Aufnahmen zu ersetzen. In der Literatur wird der Ersatz des Zahnfilmes nicht durch spiralförmige Tomographien, sondern durch Multiprojektionsaufnahmen mit dem SCANORA-Röntgengerät beschrieben (TAMMISALO et al. 1993, 1994). Die häufigste Fragestellung in dieser Abbildungsregion sind Zysten gefolgt von Fremdkörpern und verlagerten bzw. retinierten Zähnen. Die Notwendigkeit einer speziellen Kopfhaltung, wie sie von KAEPLER et al. (1996) bei verlagerten Weisheitszähnen und Zysten gefordert wird, ist aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit nicht indiziert. Ähnlich wie bei der Abbildungsregion des Unterkiefers fällt die geringe Anzahl an prä- und postoperativen Darstellungen des Oberkiefers im Rahmen der Implantatplanung auf.

Die **Orbita** wird auf nur 48 Röntgenaufnahmen dargestellt. Es wird ausschließlich die Frage nach Frakturen gestellt bzw. sollte die postoperative Kontrolle nach Frakturversorgung mit dem SCANORA-Röntgengerät durchgeführt werden. Bei Orbitabodenfrakturen wird die konventionelle Tomographie von zahlreichen Autoren gefordert (ROTTKE 1971, REISNER u. GOSEPATH 1973, BIEDERMANN u. WINIKER-BLANK 1975). Bei Verdacht auf begleitende Weichteilverletzungen sollte die Computertomographie bzw. Kernspintomographie durchgeführt werden (TADMOR u. NEW 1978; SIEVERS KW u. WEGENER- PANZER A 1994). Für

die Diagnostik maligner Tumoren ist die konventionelle Tomographie nicht ausreichend. Entsprechend wird in dieser Untersuchung die Orbita in keinem Fall mit dieser Fragestellung dargestellt. Mehrere Autoren weisen auf die große Aussagekraft der Computer- und Kernspintomographie im Rahmen der Tumordiagnostik hin (ATLAS et al. 1987, RAY et al.1993, AZAR- KIA et al.1998, DUVOISIN et al. 1998).

Ergänzend muß hinzugefügt werden, daß in der vorliegenden Arbeit keine Vergleiche mit anderen Schichtgeräten (zum Beispiel Polytome-Schichtgerät, Dental-Computertomograph) vorgenommen werden. Es wird ausschließlich der Informationsgehalt und die Einsatzmöglichkeiten des SCANORA-Schichtgerätes (FA. Soredex) in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitätsklinik Eppendorf, Hamburg beurteilt. Es stehen zum Zeitpunkt der Untersuchung zahlreiche andere Röntgendarstellungsverfahren für spezielle Fragestellungen zur Verfügung. Dieses Kontingent ist dem niedergelassenem Kieferchirurgen und Zahnarzt, für den das kombinierte Schichtgerät u. a. konzipiert wird, nicht immer zugänglich.

Im weiteren ist darauf hinzuweisen, daß nur die spiralförmige Tomographie und das Panoramaschichtverfahren untersucht wird. Weitere spezielle Darstellungsverfahren und Darstellungsmodi werden nicht berücksichtigt.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Bedeutung des SCANORA-Röntgenschnittgerätes für die konventionell tomographische Diagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde an der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, Eppendorf, Hamburg dargestellt.

In einer kritischen Auseinandersetzung mit den bislang zu diesem Gerät veröffentlichten Arbeiten und den physikalischen Grundlagen der konventionellen Tomographie können die Einsatzbereiche und Indikationen des SCANORA-Röntgenschnittgerätes analysiert und definiert werden.

Die eigenständig durchgeführten Untersuchungen in dieser Arbeit beinhalten neben den Analysen von Phantomaufnahmen auch die Analyse eines großen Patientenkollektivs mit pathologischen Prozessen in der Zahn-, Mund- und Kieferregion. Zusätzlich werden hierbei neben der genauen Befundinterpretation vor allem die Darstellungsqualität und -umfang der miterfaßten anatomischen Einzelstrukturen beurteilt. Im Rahmen dieser Analyse erfolgt eine standardisierte, detaillierte Einzelanalyse von insgesamt 1716 einzelnen Röntgenbildern.

Die Ergebnisse der Phantomaufnahmen zeigen, daß die einzelnen anatomischen Strukturen der Zahn-, Mund- und Kieferregion mittels dem SCANORA-Röntgenschnittgerät verläßlich und reproduzierbar dargestellt werden können.

Überzeugende Ergebnisse können bei der Untersuchung des Kiefergelenkes, der Unterkieferfront und des aufsteigenden Astes des Unterkiefers erzielt werden. Die Regionen Orbita und Oberkiefer werden mit diesem Verfahren nur geringfügig schlechter dargestellt.

Die anatomischen Strukturen des Unterkieferkörpers sowie der Kieferhöhle werden mit dem SCANORA-Röntgenschnittgerät zufriedenstellend abgebildet, hierbei fällt die häufig unzureichende Darstellung des Canalis mandibularis auf.

Durch die Kombination von Panoramaschichtaufnahmen und spiralförmiger Tomographie in dem SCANORA-Gerät erhält der operativ tätige Zahnarzt, Kieferchirurg und Implantologe wichtige Zusatzinformationen. Das SCANORA-Gerät produziert Panoramaschichtaufnahmen von vergleichbarer Bildqualität wie die Aufnahmen, die mit einem konventionellen Panoramaschichtgerät angefertigt werden. Der wesentliche Vorteil liegt in einer geringeren Strahlenbelastung im Vergleich zur CT, wobei allerdings wichtige Weichteilinformationen nicht mit dargestellt werden.

Das SCANORA-Röntgenschnittgerät stellt insgesamt ein einfaches, sicheres und zeitsparendes Verfahren für die genaue Darstellung von pathologischen Prozessen in der Zahn-, Mund- und Kieferregion dar.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- ASSAEL LA (1993) Clinical aspects of imaging in maxillofacial trauma. Radiol Clin N Am 31: 209-220
- ATLAS SW, BILANIUK LT, ZIMMERMANN RA et al. (1987) Orbit: initial experience with surface coil spinecho MR imaging at 1,5 T. Radiology 164: 501-509
- AZAR- KIA B, NAHEEDY MH, ELIAS DH et al. (1998) Optic nerve tumors: role of magnetic resonance imaging and computed tomography. Radiol Clin N Am 25: 561-581
- BÄHREN W, HAASE ST, WIERSCHIN W, LENZ M (1982) Wertigkeit der Computertomographie bei der Diagnostik bösartiger Tumoren der Mundhöhle und ihrer regionären Metastasierung. Fortschr Röntgenstr 136: 525-531
- BARGON G (1983) Zur Technik der konventionellen Tomographie. Röntgenpraxis 36: 30-138
- BARTELINK DL (1933) Röntgenschnitte. Fortschr Röntgenstr 47: 399-407
- BECKER H, GRAU H, HACKER H , PLODER KW (1978) The base of the skull: A comparison of computed and conventional tomography. J Comput Assist Tomography 2: 113-118
- BIEDERMANN F, WINIKER- BLANK E (1975) Indikation zur Tomographie bei Mittelgesichtsfrakturen und frontobasalen Frakturen. Radiol Diagn 16: 609-617
- BOCAGE AEM (1922) Procédé et dispositifs de radiographie sur plaque en mouvement. Franz Patentschrift 536464
- BORROSCH U (1982) Über die Darstellung verlagerter und retinierter Zähne durch extraorale Röntgenaufnahmen. Med Diss Hamburg
- BREKEL vd MWM, RUNNE RW, SMEELE LE et al. (1998) Assessment of tumor invasion into the mandible: the value of different imaging techniques. Eur J Radiol 8: 1552-1557
- BRYNOLF I (1970) Roentgenologic periapical diagnosis I. Reproducibility of interpretation. Swed Dent J 63: 339-344
- BSCHORER R, FUHRMANN A, GEHRKE G, KEESE E, UFFELMANN U (1993) Die Darstellung des Canalis mandibulae mit der Unterkieferquerschnitt- Panoramaschichttechnik. Dtsch Zahnärztl Z 48: 786-789
- CASTRUP W (1980) Untersuchungen zum Verwischungsverhalten bei Tomographiegeräten mit mehrdimensionaler Verwischung. Röntgen-BI 33: 289-297
- CEDERBERG RA (1994) Temporomandibular joint space analysis. Cranio 12: 172-178
- CHRISTEN AG, MEFFERT RM, CORNYN J, TIECKE RW (1967) Analysis of panoramic radiographic survey. J Am Dent Assoc 75: 1167-1168
- DOLAN KD, JAKOBY CG (1979) Radiology of basilar skull fractures. Crc Crit Rev Diagn Imojing 12: 101-105

- DULA K, MINI R, LAMBRECHT JT, STELT v d PF, SCHNEEBERGER P, CLEMENS G, SANDERINK H, BUSER D (1997) Hypothetical mortality risk associated with spiral tomography of the maxilla and mandible prior endosseous implant treatment. *Eur J Oral Sci* 105: 123-129
- DUVOISIN B, ZANELLA FE, SIEVERS KW (1998) Imaging of the normal and pathological orbit. *Eur J Radiol* 8: 175-188
- EKESTUBBE A, GRÖNDAHL HG (1993) Reliability of spiral tomography with the Scanora technique for dental implant planning. *Clin Oral Impl Res* 4: 195-202
- EKESTUBBE A, THILANDER A, GRÖNDAHL HG (1992) Absorbed doses and energy imparted from tomography for dental implant installation. Spiral tomography using the Scanora technique compared with hypocycloidal tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 21: 65-69
- EKESTUBBE A, THILANDER A, GRÖNDAHL K, GRÖNDAHL HG (1993) Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery: comparison with conventional tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 22: 13-17
- ENGSTRÖM H, SAGNE S (1980) The anatomy of the lower third molar roots and its relation to the mandibular canal. *Swed Dent J* 4: 169-175
- FRANK G (1940) Verfahren zur Erstellung von Körperschnittbildern mittels Röntgenstrahlen. *Dtsch Patentschrift* 693374
- FREDERIKSEN NL, BENSON BW, GOAZ P W (1992) Localization of a displaced fragment by stereoscopy and pluridirectional tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 21: 99-101
- FREITAG V (1975) Röntgendiagnostik der Gesichtschädelverletzungen. *Röntgen-BI* 28: 213-219
- FREITAG V, ZIEGLER A (1980) Über die Darstellung der Kiefergelenke in der sogenannten S-Einstellung. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 25: 26-30
- FREY KW, MEES K, VOGL Th (1989) Bildgebende Verfahren in der HNO-Heilkunde. Enke-Verlag, Stuttgart.
- FREY KW, MEES K, VOGL Th (1992) Oto- Rhino- Laryngologie in Klinik und Praxis. Sonderdruck Thieme, Stuttgart
- GADEMANN G, HAELS J, KÖNIG R, MENDE U, LENNARZ TH, KOBER B, KALCK G v (1986) Kernspintomographisches Staging von Tumoren der Mundhöhle, des Oro- und Hypopharynx sowie des Larynx. *Fortschr Röntgenstr* 145: 503-509
- GEBAUER A, MUNTEAU E, STUTZ E, VIETEN E (1959) Das Röntgenschnittbild. Thieme, Stuttgart
- GEBAUER A (1978) Radiologisch-klinische Erfahrungen mit dem OPTIPLANIMAT. Sonderdruck *Electromedica* 4: 128-135
- GRATT MB, WHITE SC, LUCATORTO FM, SAPP JP, KAFFE I (1986) A clinical comparison of xeroradiography and conventional film for the interpretation of periapical structures. *J Endodont* 12: 346-351

- GREHN S, PINGEL BJ (1983) Spiraltomographie mit kleinem Verwischungswinkel – Eine wertvolle Ergänzung für die klinische Routine. Röntgen-BI 36: 99-103
- GROSSMANN G (1935) Tomographie 1. Fortschr Röntgenstr 51: 61-80
- GRÖNDAHL HG, EKESTUBBE A (1992) Das Scanora-Röntgengerät. Neue Technik aus Turku. Sonderdruck Phillip Journal 3, München
- GRÖNDAHL K, EKESTUBBE A, GRÖNDAHL HG (1993) A multimodal unit for comprehensive dento-maxillofacial radiography. Dental Update 12: 436-440
- HALLIKAINEN D, TATEYUKI I, LINDQVIST C (1992) Cross sectional tomography in evaluation of patients undergoing sagittal split osteotomy. J Oral Maxil Surg 50: 1269-1273
- HALSTEAD CH (1973) Mucosal cysts of the maxillary sinus. J Am Dent Assoc 87: 1435-1441
- HARRIS JR, BROWN JE (1997) Application of cross-sectional imaging in the differential diagnosis of apical radiolucency. Int Endod J 30: 288-290
- HEINROTH O (1957) Über den Wert der Röntgenschichtaufnahme in der Zahnheilkunde. Dtsch Zahn Mund Kieferheilk 25: 285-297
- HOTTON F, TAELEMAN D, KLEINER S, GANDT de JB (1978): Les sinus de la face problèmes radioclinique. Acta Otorhinolaryngol Belg 32: 105-117
- HOUNSFIELD GN (1973) Computerised transverse axial scanning (tomography): Part 1 Description of system. Br J Radiol 46: 1016-1022
- IIZUKA T, LINDQVIST C, HALLIKAINEN D, PAUKKU P (1991) Infection after rigid internal fixation of mandibular fractures. A clinical and radiological study. J Oral Maxil Surg 45: 585-593
- KAEPPLER G, MEYLE J, WÖRNER H (1995) Darstellung der Beziehung von Mandibularkanal zu tief verlagerten Weisheitszähnen mit Hilfe der Spiraltomographie (Scanora). Dtsch Zahnärztl Z 50: 613-616
- KAEPPLER G, MEYLE J, SCHULTE W (1996) Radiographic imaging of the hard palate and maxillary third molars with spiral tomography: a novel technique of patient positioning. Quintessence Int 27: 455-463
- KATZBERG RW, BURGNER FA (1986) Kernspintomography des Kiefergelenkes. Fortschr Röntgenstr 145: 296-304
- KAUFMAN J (1936) The planeogram. Radiology 27: 732-735
- KIEFER J (1929) X-ray device and method of technique. USA Patentschrift 1954321
- LAUBENBERGER TH (1980) Die Tomographie. In Leitfaden der medizinischen Röntgentechnik, Deutscher Ärzte Verlag, Köln
- LINDQVIST C, SÖDERHOLM A L, HALLIKAINEN D, SJÖVALL L (1992) Erosion and heterotopic bone formation after alloplastic temporomandibular joint reconstruction. J Oral Maxil Surg 50: 942-949

- LITWAN M, FLIEGEL C (1986) Zur Röntgendiagnostik von Mittelgesichtsfrakturen. Radiologe 26: 421-426
- LLOYD GA, LUND VJ, PHELPS PD, HOWARD DJ (1987) Magnetic resonance imaging in the evaluation of nose and paranasal sinus disease. Br J Radiol 60: 957-965
- LOHKAMP F, CLAUSSEN C, SPENNEBERG H (1977) Computertomographie des Gesichtsschädels (Teil 1). Fortschr Röntgenstr 126: 292-299
- MATTSON O (1972) Formation of the tomography image with special reference to blurring. Acta Radiol Suppl 318
- MEES K, HÜEBSCH TH (1985) Computer- und konventionelle Tomographie. Vergleichende Untersuchungen bei Gesichtsschädelfrakturen. Laryngo Rhino Otol 64: 335-337
- MEES K, VOGL TH, BAUER M (1985) Kernspin-Tomographie in der Hals- Nasen- Ohrenheilkunde. Laryngo Rhino Otol 64: 177-185
- MÖDDER U (1989) Nasenebenhöhlenerkrankungen – Möglichkeiten und Grenzen der Radiologie. Röntgen-BI 42: 166-169
- MÖDDER U, LENZ M (1991) Gesichtsschädel, Felsenbein, Speicheldrüsen, Pharynx, Larynx, Halsweichteile: Diagnostik mit bildgebenden Verfahren. Springer, Berlin
- MOLANDER B, AHLQWIST M, GRÖNDAHL HG (1995) Image quality in panoramic radiography. Dentomaxillofac Radiol 24: 17-22
- OSBORN TP, FREDERICKSON G, SMALL IA, TOGERSON TS (1985) A prospective study of complications related to mandibular third molar surgery. J Oral Maxil Surg 43:767-769
- PAATERO YV (1949) A new tomographical method for radiographing curved outer surfaces. Acta Radiol 32: 177-184
- PASLER FA (1995) Zahnärztliche Radiologie. Thieme, Stuttgart
- PEARL RM, VISTNES LM (1979) Orbital blow out fractures: an approach to management. Ann Plast Surg 1: 267-270
- POHL E (1927) Verfahren und Vorrichtung zur röntgenologischen Wiedergabe eines Körperabschnittes unter Ausschluß von davor und dahinter liegenden Teilen. Dtsch Patentschrift 554200
- PORTES F, CHAUSSE M (1922) Procédé pour la mise au point radiologique sur un plan sécant d'un solide, ainsi que pour la concentration sur une zone déterminée d'une action radiotherapeutique maximum et dispositifs permettant la réalisation. Franz Patentschrift 541941
- RAY CE, MAFEE MF, FRIEDMAN M, TAHMORESSI CN (1993) Applications of three-dimensional CT imaging in head and neck pathology. Radiol Clin N Am 31: 181-191
- REICHMANN S (1972) Modified theory of development of tomographic blurring. Acta Radiol 12: 457-468
- REISNER K, GOSEPATH J (1973) Schädeltomografie. Thieme, Stuttgart

- RITTER W (1970) Das Schichtverfahren mit hypozykloidalen Verwischung als diagnostische Hilfe in der Kieferchirurgie. Dtsch Zahnärztl Z 25: 170
- RITTER W (1972) Darstellung des Kiefergelenkes mit Hilfe Panoramaaufnahmeverfahrens. Dtsch Zahnärztl Z 27: 978-983
- ROSENBERG HM (1993) Dental Radiology: Role of plain radiographic examination. Radiol Clin N Am 31: 91-100
- ROTHMAN SLG, CHAFETZ N, RHODES M et al.(1988) CT in the pre-operative assessment of the mandible and maxilla for endosseous implant surgery. Radiology 168: 171-175
- ROTTKE B (1971) Die Bedeutung der Röntgenschichtuntersuchung für die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Dtsch Zahnärztekal 30: 101-115
- ROTTKE B (1973) Fortschritte der Röntgendiagnostik im Kiefer- und Gesichtsbereich. Dtsch Zahn Mund Kieferheilk 6: 369-375
- ROTTKE B (1977) Die gegenwärtige Situation der Röntgenologie in zahnärztlicher Praxis und Wissenschaft. Quintessenz 28: 189-193
- ROTTKE B, FUHRMANN A (1980) Fortschritte und Probleme in der Röntgendiagnostik des Kiefergelenkes. Fortschr Kiefer Gesichtschir 25: 21-23
- SCANORA-Bedienungsanleitung (1992), Fa. Soredex, Finnland
- SCHLEGEL A, FERSTL W, MARQUARDT S, RANDELSHOFER P (1993) Evaluation of different radiological devices for pre implantologie planning. 4th Eur Congr DMFR, Abstract, Torino
- SCHMITT HE, SPOERRI O, RAMA B (1979) Mucozele der Orbita. Zbl Neurochir 40: 311-318
- SCHULTE B, BEYER D (1992) Radiologische Diagnostik der Kieferhöhlenaspergillose. Radiologe 32: 553-557
- SIEVERS KW, WEGENER- PANZER A (1994) Die Computer- (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) in der orbitalen Diagnostik. In: Lund OE, Waubke TN Bildgebende Verfahren in der Augenheilkunde. Enke, Stuttgart
- SÖDERHOLM AL, HALLIKAINEN D, LINDQVIST C (1992) Radiological follow up of bone transplants for bridging mandibular continuity defects. Oral Surg Oral Med O 73: 253-261
- SONNABEND E, HIELSCHER W (1986) Zähne und Kiefer. In Schinz. Radiologische Diagnostik, Bd. V/1 hrsg. von W. Diehlmann, H. St. Stender Thieme Stuttgart 1986
- SPAHN FP (1994) Computergesteuerte Tomographie mit dem Scanora-System. Zahnärztl Praxis 6: 185-190
- STEUDEL A, LEIPNER N, KÖSTER O, RÖSING C, STAEHLER-POHL HJ (1987) Malignome der Mundhöhle und des Pharynx. MR- Tomographie mit Oberflächenspulen. Fortschr Röntgenstr 146: 273-281
- STIEVE FE (1972) Über den Bildaufbau in der Tomographie bei ein- und mehrdimensionaler Verwischung. Fortschr Röntgenstr 116: 253-273

- SVENSON B, PALMQVIST S (1996) Imaging of dental implants in severely resorbed maxillae using detailed narrow-beam radiography. A methodologica study. *Dentomaxillofac Radiol* 2: 67-70
- SWART B, DINGENDORF W, KAPPE HD (1969) Grundsätze der tomographischen Praxis. *Radiologe* 9: 93-126
- TADMOR R, NEW PF (1978) Computed Tomography of the orbit with special emphasis on coronal sections: Part II. *J Comput Assist Tomography* 2: 35-44
- TÄNZER A (1966) Die Verletzungen des Mittelgesichts und der vorderen Schädelbasis im Tomogramm. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 11: 84-88
- TAKAHASHI S, MATSUDA T (1960) Axial transverse laminagraphy applied to rotational therapy. *Radiology* 74: 61-64
- TAMMISALO EH (1989) The integrated Scanora radiography system. 2nd Eur Congr DMFR, Abstract, Kuopio
- TAMMISALO EH, HALLIKAINEN D, KANERVA H, TAMMISALO T (1992) Comprehensive oral x-ray diagnosis: Scanora multimodal radiography. A preliminary description. *Dentomaxillofac Radiol* 21: 9-15
- TAMMISALO T, TAMMISALO EH (1989) Multimodaly tomography in dental implant diagnostics. 2nd Eur Congr DMFR Abstract, Kuopio
- TAMMISALO T, TAMMISALO EH (1991) Multimodal radiography: a new imaging technique and system for oral diagnosis. *Proc Finn Dent Soc* 87: 259-270
- TAMMISALO T, HAPPONEN RP, TAMMISALO EH (1992) Stereographic assessment of mandibular canal in relation to the roots of impacted lower third molar using multiprojektion narrow beam radiography. *Int J Maxillofac Surg* 21: 85-89
- TAMMISALO T, LUOSTARINEN T, VÄHÄTALO K, TAMMISALO EH (1993) Comparison of periapical and detailed narrow-beam radiography for diagnosis of periapical bone lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 22: 183-187
- TAMMISALO T, LUOSTARINEN T, VÄHÄTALO K, ROSBERG J, TAMMISALO EH (1994) Radiographic detectability of periodontal diseases. A comparison of periapical radiography with detailed zonography. *Dentomaxillofac Radiol* 3: 185-190
- TAMMISALO T, VÄHÄLO K, LUOSTARINEN T, LEIMOLA-VIRTANEN R, TAMMISALO EH (1994) Comparison of periapical and detailed narrow beam radiography for diagnosis of periodontal pathology. *Dentomaxillofac Radiol* 23: 97-99
- THURN P, BÜCHELER E, LACKNER KJ, THELEN M (1998) Einführung in die radiologische Diagnostik. 10.Auflage, Thieme, Stuttgart
- TOBB M (1950) Le Polytome de M M Sans et Porcher. *J Radiol Électr* 31: 300-302
- TREHEUX A, MARTIN G (1975) La tomographie selective dans l'étude de l'articulation temporo-mandibulaire. *Radiol Electrol Med Nucl* 56: 691-697
- VALLEBONA A (1933) Über die Methoden zur Aufnahme von Röntgenbildern, die eine Zerlegung der Schatten ermöglichen. *Fortschr Röntgenstr* 48: 599-605

VOGL TH, KELLERMANN O, RANDZIO J, KNIHA H, TILING R, LISSNER J (1988)
Ergebnisse der Kernspintomographie des Temporomandibulargelenkes mittels optimierter
Oberflächenspulen. Fortschr Röntgenstr 149: 502

WEBB S (1990) From the watching of shadows: the origins of radiological tomography.
Published by Adam Hilgner, Bristol ,New York

WESTRA D (1966) Zonography the narrow angle tomographie. Exerptamedica, Amsterdam

WICHT L, MOEGELIN A, SCEDEL H, PENTZOLD C, BIER J, LANGER R, FELIX R (1994)
Dental- CT- Studie zur präoperativen Beurteilung der Kieferatrophie. Aktuelle Radiol 4: 64-69

WINKLMAIR M (1978) Reihenuntersuchungen von Kiefergelenken mit dem
Orthopantomographen. Quintessenz 1: 91-96

WITTE G, HÖLTJE W, TIEDE M, RIEMER M (1986) Die dreidimensionale Darstellung
computertomographischer Untersuchungen kraniofacialer Anomalien. Fortschr Röntgenstr
144: 400

ZANELLA FE, MÖDDER U, FRIEDMANN G (1983) CT-Diagnostik der Mukozelen. Röntgen-
BI 36: 178-183

ZEICHNER SJ, RUTTIMANN UE, WEBBER RL (1987) Dental radiography efficacy in the
assessment of intraosseous lesions of the face and jaw in asymptomatic patients. Radiology
162: 691-695

ZIEDESSES DES PLANTES BG (1933) Planigraphie. Fortschr Röntgenstr 47: 407-411

8. DANKSAGUNG

Für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas und die stetige Unterstützung bei der Erstellung dieser Studie möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. B. Rottke sehr herzlich bedanken.

Mein Dank gilt auch allen Kolleginnen und Kollegen der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Hamburg Eppendorf, die mir bei der Durchführung der Untersuchungen stets hilfreich zur Seite gestanden haben.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei dem Thieme Verlag Stuttgart für die Genehmigung zwei Abbildungen aus dem Buch von F.A. Pasler: „Zahnärztliche Radiologie“ verwenden zu dürfen.

Meinem Ehemann danke ich für seine konstruktive Kritik und liebevolle Unterstützung.

9. LEBENSLAUF

Hilke Balzer
Altenhainer Str. 61
65719 Hofheim

Persönliche Daten:

Geburtsdatum: 24.12.1963
Geburtsort: Schleswig
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: verheiratet
Eltern: Heinz Conrad, Bundesbahnbeamter
Annelise Conrad, geb. Johnson, Hausfrau

30.05.83 Erlangung der allgemeinen Hochschulreife
17.10.83 – 30.09.85 Ausbildung zur medizinisch-technische Radiologieassistentin
an der Dr. Gillmeister-Schule, Heide.
01.10.85 – 01.05.90 Tätigkeit als MTRA in der Zahn-, Mund- und Kieferklinik
in Hamburg-Eppendorf

Medizinische Ausbildung:

01.04.89 – 05.05.95 Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg
04.04.91 Ärztliche Vorprüfung
13.04.92 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung.
11.04.94 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
SS 94 – SS 95 Praktisches Jahr:
Abt. für Anästhesie und operative Intensivmedizin am AK Harburg,
Hamburg (Wahlfach)
Chirurgische Universitätsklinik und Poliklinik am UKE Hamburg
Med. Abteilung am AK St. Georg, Hamburg
05.05.95 Ärztliche Prüfung mit der Note gut
01.01.96 – 30.06.97 Ärztin im Praktikum in der kardiologischen Gemeinschaftspraxis
Prof. Mathey, Prof. Schofer & Partner, Hamburg
01.08.97 – 31.03.98 Wissenschaftliche Mitarbeiterin,
Abt. für Klinische und Interventionelle Angiologie,
Charité, Campus Virchow, Berlin
01.04.98 – 14.06.99 Wissenschaftliche Mitarbeiterin,
Abt. für Nephrologie und Transplantationsmedizin,
Charité, Campus Virchow, Berlin
Seit 15.06.99 Assistenzärztin
Medizinische Klinik III
Main-Taunus-Kliniken Hofheim

10. ERKLÄRUNG

Ich versichere ausdrücklich, daß ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfaßt, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe, und daß ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Hofheim, den 27.08.1999