

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Rechtsmedizin
-Direktor: Univ.- Prof. Dr. B. Brinkmann-

**Untersuchung über
die Individualität der Kieferhöhle
in der Panoramaschichtaufnahme
und ihre Bedeutung für die Leichenidentifikation**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium
der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Nikola-Beatrix Welp
aus Minden

2004

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. H. Jürgens
1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. A. Du Chesne
2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. L. Figgener
Tag der mündlichen Prüfung: 24. August 2004

In unserer Auffassung der physischen Wirklichkeit
hängt die Identität bald am Stoff, bald an der Form.

Wilhelm Windelband

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Institut für Rechtsmedizin
-Direktor: Univ.-Prof. Dr. B. Brinkmann-
Referent: Univ.-Prof. Dr. med. A. Du Chesne
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. L. Figgener

Zusammenfassung

Untersuchung über die Individualität der Kieferhöhle in der Panoramaschichtaufnahme und ihre Bedeutung für die Leichenidentifikation

Nikola-Beatrix Welp

In der vorliegenden Arbeit fand eine Untersuchung über die Darstellung des Sinus maxillaris in Orthopantomogrammen sowie im Genauerem über dessen Einzigartigkeit im Hinblick auf die Möglichkeit der Personenidentifikation statt.

Es wurde ein klassischer Vergleich von antemortem und postmortem angefertigten Röntgenaufnahmen simuliert, indem mindestens zwei und maximal fünf OPG von 204 Patienten in die Untersuchung gelangten. Diese insgesamt 490 Aufnahmen stammten aus den Patientenkarten der Polikliniken der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des Universitätsklinikum Münster.

Nach Übertragung der linienförmigen basalen Knochenbegrenzung des Sinus maxillaris zunächst auf Folien, erfolgte anschließend deren Transformation zu der jeweiligen Buchstabensignatur eines Kieferhöhlenpaares. Diese repräsentierten die wellen- und winkelförmigen Strukturen des Kieferhöhlenbodens und wurden auf Befundkarten übertragen. Durch eine auf der Rückseite dieser Befundkarten angebrachte Zahlencodierung konnten im Anschluss an die „Identifikation“ die Zuordnungen von Signatur und Knochenlinie überprüft werden. Trotz der in Relation zu echten Kasuistiken fazielen Durchführbarkeit der Vergleiche, erreichten wir eine Aufklärungsquote von nur 31,8 % (156 Fälle). In 334 Fällen (68,2 %) gelang uns keine passende Zuordnung.

Der Hauptgrund für die misslungenen Versuche zur Übereinstimmungen stellten mit 58,79 % unterschiedliche Projektionen der OPG dar, gefolgt von tatsächlichen Veränderungen im Bereich der Kieferhöhlen (35,77 %), und schließlich war mangelhafte Bildqualität zu 5,44 % Ursache der Falschzuordnung.

Es müssen zudem weitere Faktoren in Betracht gezogen werden, deren Vorkommen und Einfluss wir aufgrund des retrospektiven Charakters der Untersuchung nicht analysieren konnten.

Die Verwendung des Kieferhöhlenbodens im OPG zu Identifikationszwecken wird als unterstützendes Kriterium befürwortet, seine weitere Erforschung zu diesem Zweck empfohlen.

Tag der mündlichen Prüfung: 24. August 2004

Meiner lieben Familie

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
2	Literaturübersicht.....	11
2.1	Anatomie und Physiologie der Kieferhöhle.....	11
2.2	Identifikation	15
2.2.1	Identifikation in der Gesetzgebung.....	17
2.2.2	Problemfaktoren bei der Identifikation.....	18
2.2.3	Identifizierungsverfahren.....	20
2.3	Röntgenidentifikation	28
2.3.1	Dentale Röntgenidentifikation.....	33
2.3.2	Identifikation anhand des Orthopantomogramms (OPG).....	35
2.4	Die Panoramaschichtaufnahme	36
2.4.1	Anwendungsbereiche und Indikationen.....	41
2.4.2	Patientenpositionierung	43
2.4.3	Röntgenanatomie im OPG.....	45
2.4.4	Darstellung von Ausdehnungen und Grenzen der Kieferhöhlen im OPG.....	47
2.4.5	OPG manifeste Erkrankungen der Kieferhöhlen.....	53
3	Eigene Untersuchungen	57
3.1	Material und Methoden	57
3.1.1	Untersuchungsmaterial	57
3.1.2	Übertragung der Daten	61
3.1.3	Kennzeichnung der Befundkarten	66
3.2	Versuchsablauf	67
4	Auswertung und Ergebnisse	70
4.1	Anteil der erfolgreichen Zuordnungen	70
4.2	Ursachen der primär nicht erfolgreichen Zuordnungen.....	72

5	Diskussion	75
6	Schlussfolgerung	81
7	Zusammenfassung	82
8	Literaturverzeichnis	84
9	Anhang.....	I
9.1	Abbildungen	I
9.2	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	VI
9.3	Lebenslauf.....	VIII
9.4	Danksagung	IX

1 Einleitung

Die Identifikation von unbekanntem Toten setzt die Existenz von „Beweismaterial“ aus Lebzeiten der zu identifizierenden Person voraus, auf das in einem Vergleich mit dem toten Körper zurückgegriffen werden kann. Dieses können Fingerabdrücke, persönliche Gegenstände, Fotos und ärztliche Dokumentationen, wie der Zahnstatus oder Röntgenbilder sein.

Da sich ein Körper durch thermische, chemische oder mechanische Noxen bis zur Unkenntlichkeit verändert haben kann, ist die Zuordnung der Person oft nur noch über den Zahnstatus oder Röntgenbilder zu sichern.

Voraussetzung für die Identifikation mit Hilfe von Röntgenbildern ist auch hier die Existenz von Material, welches vor dem Tod angefertigt wurde. Es kann dann mit Hilfe einer Aufnahme der Leiche ein ante-mortem/post-mortem Röntgenbildvergleich vorgenommen werden.

Die individuellen morphologischen Erscheinungen auf den Röntgenbildern lassen ein hohes Maß an Sicherheit bei der Identifikation zu. Besonders dienlich sind dabei Thorax- und Schädelaufnahmen, da diese mit großer Häufigkeit in der Medizin zum Einsatz kommen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Individualität des knöchernen Bodens des Sinus maxillaris, wie er im Orthopantomogramm dargestellt wird sowie dessen Nutzbarkeit zu Identifizierungszwecken.

Das Orthopantomogramm gehört zu den gewöhnlich in einer zahnärztlicher Praxis angefertigten Röntgenbildern.

Nahezu von jedem Patient existiert eine solche Aufnahme, so dass bei einer fraglichen Identität mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Intravitalaufnahme einer beispielsweise als vermisst gemeldeten Person oder auch eines Passagiers eines großen Flugzeugunglücks zurückgegriffen werden kann.

In Zusammenhang mit genannter Fragestellung wird zudem auf die Reproduzierbarkeit von Röntgenbildern und morphologische Veränderungen des Sinus maxillaris eingegangen.

2 Literaturübersicht

2.1 Anatomie und Physiologie der Kieferhöhle

Die Entwicklung der Kieferhöhle (=Sinus maxillaris), eines Raumes innerhalb des Corpus maxillae, beginnt bereits im Fetalstadium. Der in den ersten Lebensmonaten nur etwa 1 cm große spaltförmige Hohlraum vergrößert sich im Laufe der Jahre und erreicht erst im Erwachsenenalter seine volle Ausdehnung (*Oeken et al. 1996*) [90]. Im Lebensalter von neun Jahren erreicht der Sinus maxillaris nach den Beobachtungen von *Shankar et al. (1994)* [129] bereits das Jochbein. Bis zur Vollendung der Dentition nehmen die Zahnkeime den vorderen unteren Teil des Oberkiefers ein, so dass die Entwicklung der Kieferhöhle auch hierdurch beeinträchtigt wird (*Oeken et al. 1996*) [90]. Genauer formuliert wird diese These von *Schumacher (1971)* [128], der die Expansion der Kieferhöhle durch die mit der zweiten Dentition in Verbindung stehende Hebung des Mittelgesichts verursacht sieht. Er weist darüber hinaus auf die Ausdehnung der Kieferhöhle durch altersbedingten Zahnverlust hin, die bis in das späte Alter anhalten kann.

Der Sinus maxillaris, mit Eigennamen auch Highmor'sche Höhle genannt, übertrifft dann alle anderen Nasennebenhöhlen an Größe. *Waldeyer (1973)* [144] und *Oeken et al. (1996)* [90] stellten dabei eine hohe Varianz der Größe und Form fest. Im Seitenvergleich stellen *Shankar et al. (1994)* [129] sowie *Oeken et al. (1996)* [90] vielfach eine Asymmetrie fest. In den meisten Fällen besitzt die Kieferhöhle Birnen- bzw. Pyramidenform, wobei deren Basis nasenwärts und die Spitze gegen den Processus zygomaticus des Oberkiefers gerichtet ist (*Schumacher 1974* [128], *Boenninghaus et al. 2001* [7] und *Shankar et al. 1994* [129]).

Vorn und seitlich dieser Pyramide liegen die Weichteile des Gesichts, medial die Nasenhöhle, über ihr die Orbita, unter ihr die Zähne des Oberkiefers und hinter ihr die Fossa pterygopalatina.

Die mediale Wand, welche der lateralen Wand der Nasenhöhle entspricht, besteht in den oberen Abschnitten aus Bindegewebe. Im unteren Abschnitt grenzt sie an den unteren Nasengang. An ungünstig hoch gelegener Stelle befindet sich das Ostium, das hinten im Infundibulum ethmoidale mündet. Über das Infundibulum und den Hiatus semilunaris des mittleren Nasenganges fließt das Sekret in die Nase ab.

Das Dach des Sinus maxillaris entspricht dem Orbitaboden, in welchem der Canalis infraorbitalis mit den gleichnamigen Nerven und Gefäßen verläuft. Medial reicht die Kieferhöhle häufig bis an das Gebiet des Tränensacks, Saccus lacrimalis. Bei stärkerer Pneumatisation kann der wulstartig in die Kieferhöhle vorspringende Infraorbitalkanal fast allseitig vom Sinus umgeben sein (*Boenninghaus* 2001 [7] und *Schumacher* 1971 [128]).

Die vordere faziale Wand enthält im oberen Abschnitt das Foramen infraorbitale, durch das der gleichnamige Nerv, Ast des Nervus maxillaris, austritt. Durch die oberhalb des Eckzahns gelegene Fossa canina ist diese Wand etwas eingedellt und geht, da sie mit der Medianebene einen spitzen Winkel bildet, fließend in die Seitenwand über. Letztere erstreckt sich bis zum Tuber maxillae und wird von der Wange bedeckt.

Den Kieferhöhlenboden formt der Recessus alveolaris, eine Ausbuchtung des Sinus in den Alveolarfortsatz. *Shankar et al.* (1994) [129] schreiben ihm eine Lage unterhalb des Nasenbodens zu, während der Boden nach *Schumacher* (1971) [128] auf gleicher Höhe mit diesem gelegen ist und bei niedrigem Mittelgesicht sogar darüber lokalisiert sein kann.

Die Entfernung der Wurzelspitzen der Zähne zu der Kieferhöhle ist sehr unterschiedlich und wird durch die Höhe des infranasalen Teils des Oberkiefers und die Längen der Zahnwurzeln bestimmt. Häufig reichen die Wurzelspitzen des zweiten Prämolaren und der Molaren in die Kieferhöhle, sind aber abgesehen von Knochendehiszenzen, die zu einer Freilegung der Wurzeln führen können, zumeist von einer dünnen Knochen- und Schleimhautschicht bedeckt. Der Kieferhöhlenboden kann durch mehrheitlich unvollständige Knochensepten Buchtungen aufweisen.

Die hintere Wand wölbt sich als Tuber maxillae nach dorsal vor. Sie bildet gleichzeitig die vordere Wand der Fossa pterygopalatina, die den venösen Plexus pterygoideus und die Arteria maxillaris enthält (Boenninghaus et al. 2001) [7]. Hier liegt auch das vom Nervus petrosus major versorgte Ganglion pterygopalatinum, welches die Nasenschleimhaut und die Schwellkörper der Nasenmuscheln vegetativ steuert.

In der Vorder-, Seiten- und Hinterwand des Oberkieferbeins verlaufen feine Kanäle, Canales alveolares, welche die Nervi alveolares superiores und die gleichnamigen Gefäße zur Versorgung der oberen Zähne enthalten.

In ihren Ausführungen zählen Shankar et al. (1994) [129] die folgenden anatomischen Varianten auf, denen hinsichtlich der Fragestellung der vorliegenden Arbeit erhebliche Bedeutung zukommt:

1. Hypoplasie

Die Hypoplasie einer oder beider Kieferhöhlen ist eine entwicklungsbedingte Anomalie. Bolger et al. (1991) [9] ermittelten in einer Serie von 202 Untersuchungen durch Computertomographie (CT) eine Häufigkeit von 10 % und erstellten eine Einteilung in die Typen I-III. Die Nasen- und Augenhöhle der betroffenen Seite sind meist vergrößert.

2. Atelektatische Kieferhöhle

Bei dieser anatomischen Variante handelt es sich um einen nicht pneumatisierten Sinus, dessen Wände aneinander liegen. Die Variante kann sich als anatomischer Zufallsbefund oder aber bei einem Patienten mit chronischer Sinusitis zeigen.

3. Hyperplasie

Die Kieferhöhlenhyperplasie ist selten. Hierbei ist die Maxilla ausgiebig pneumatisiert und es erstrecken sich große Kieferhöhlenausläufer in den Alveolarkamm und das Jochbein. Bei diesen Patienten ist die Nasenhöhle kompensatorisch verengt.

4. Septierte Kieferhöhle

Die Kieferhöhle kann entweder durch knöcherne oder durch bindegewebige Septen unterteilt sein, wodurch sie in zwei ungleich große Hälften getrennt wird.

5. Gedoppelte Kieferhöhle

Bei dieser seltenen Anomalie drainieren zwei voneinander unabhängige Lumina eines Oberkieferkörpers über zwei getrennte Ostien in den mittleren Nasengang.

6. Sinus ethmoidomaxillaris

Bei dieser Variante reichen die hinteren Siebbeinzellen lateral in die Maxilla hinein und bilden so einen Sinus ethmoidomaxillaris.

Ausgekleidet ist der Sinus maxillaris wie die Nasenhöhle mit von Flimmerepithel bedeckter Schleimhaut, die allerdings wesentlich dünner ist, als die der Nase. Der Flimmerstrom ist zu den Ausführungsgängen gerichtet, so dass Sekret, Exsudat oder Fremdkörper über die natürlichen Ostien herausgespült werden. Durch kleine Schwellkörperpolster an den Ostien können die Nebenhöhlen von der Nasenhaupthöhle abgeschlossen werden (*Oeken et al.* 1996) [90].

Die Nebenhöhlen spielen gegenüber der Nasenhaupthöhle keine wesentliche funktionelle Rolle. Ihre Anlage vermuten *Oeken et al.* (1996) [90] durch die Gesamtarchitektur des Gesichtsschädels bedingt. Für die Atmung ist eine Beeinflussung kaum gegeben, da der Luftinhalt beim Druckwechsel während der Ein- und Ausatmung fast nicht bewegt wird. Eine gewisse Bedeutung haben die Nasennebenhöhlen allerdings für den Stimmenklang, da sie die Resonanz vergrößern.

Die Nervenversorgung des Sinus maxillaris erfolgt in der Hauptsache durch Äste des Nervus infraorbitalis und des Ganglion pterygopalatinum.

Die arterielle Versorgung stammt aus der Arteria carotis interna und Arteria carotis externa. Die erste gibt die Arteriae ethmoidales anterior et posterior über die Arteria ophthalmica ab, letztere lässt ihr Blut über die Arteria maxillaris, die Arteriae nasales posteriores laterales sowie über die Arteria sphenopalatina zur Nasenschleimhaut und zur Schleimhaut der Kieferhöhle fließen.

2.2 Identifikation

Die Identifikation Toter, die Feststellung ihrer Persönlichkeit, bildet ein beachtliches Teilgebiet in den Aufgaben der Rechtsmedizin. Sie ist eine verantwortungsvolle und schwierige Aufgabe.

Grüner (1989) [43] stellt die philosophische Überlegung an, es sei tatsächlich nicht möglich einen Menschen, dessen konstituierende Stoffe und energetische Zustände in einem ständigen Wechsel sind, zu identifizieren. Ein Ding könne nur mit sich selbst identisch sein, der Mensch als „organisches Gebilde“ aufgrund seines Wachstums und seiner Veränderung, könne dies nicht. Demnach kann nur ein Teil des Körpers mit demselben Teil der lebenden Person nachgewiesen werden, repräsentativ für die einheitliche Person.

Rothwell (2001) [116] hält die Identifikation für einen wichtigen Standard in der zivilisierten Gesellschaft.

Im wesentlichen ist die Identifikation aus ethisch-menschlichen, kriminologischen und rechtlichen Gründen erforderlich.

Die Bedeutung und Notwendigkeit liegt für *Neiss* (1968) [86] in dem Wunsch der Angehörigen, ihren einwandfrei identifizierten Toten beizusetzen sowie in der Verbrechensaufklärung.

Buchner (1985) [17] nennt des Weiteren die Lösung rechtlicher Probleme, wie die Verfügung von Besitztümern, die Einziehung von Versicherungspolicen und die amtliche Auflösung der Ehe als dritten Grund. Darüber hinaus verlangen die meisten Länder eine Beerdigung.

Die weit verbreiteten Aspekte, die eine Identifikation fordern, gliedert *Stevens* (1972) [135] in vier Gruppen:

- Plötzlich eingetretener, unerwarteter Tod;
- Leichenfund an entlegener Stelle mit Verdacht auf ein kriminelles (Tötungs-) Delikt;
- Ein Masseneunglück mit unbekannter Anzahl involvierter Opfer (z.B. Feuer in einem Kaufhaus);

- Ein Masseninglück, bei dem die Opferliste mit großer Sicherheit bekannt ist (Flugzeugabsturz).

Zur Feststellung der Identität ist die Bestimmung von Alter, Geschlecht, körperlicher Größe und besonderer körperlicher Merkmale von Bedeutung.

Es werden in der Literatur verschiedene Methoden vorgestellt, die sich im Wesentlichen alle des Vergleichsverfahrens bedienen.

Von diesen basieren nach *Gruber* (2001) [42] die meisten auf dem Vergleich von zu Verfügung stehenden ante- und post-mortem Daten.

Diese Aussage trifft auch *Kroon* (1995) [70], indem er den Vergleich von ante- und post-mortem Daten, der Parameter zu Lebzeiten mit denen nach dem Tod, als Essenz der Identifikation betrachtet.

Damit hängt für *Buchner* (1985) [17] die Identifikation von den verfügbaren prä-mortalen Befunden sowie der Vollständigkeit und dem Erhaltungsgrad der Leiche ab.

So bekundet auch *Riepert et al.* (1996) [111]: Eine Identifizierung kann nur so gut sein wie das vorgelegte Vergleichsmaterial.

Ruddiman et al. (1969) [118] sehen den Vergleich als einfachsten Vorgang an und heben diesen gegenüber den reproduzierenden Identifikationsmethoden hervor. Die Reproduktion wird bei *Stevens* (1972) [135] hingegen als eine der ersten Stufen im Gesamtvorgang erwähnt, beispielsweise wenn der aufgefundene Körper kein Indiz für seine Identität liefert.

Auf die Wichtigkeit, alle erhältlichen Mittel und möglichst mehrere Methoden zu nutzen, um so die Gültigkeit der Identifikation zu steigern, weisen *Brannon et al.* (1999) [12] wie auch *Sopher* (1972) [131] hin.

Die Zahl unbekannter Toter im überwiegend aus dem Einzugsgebiet des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Mainz stammenden Obduktionsguts stieg laut *Riepert et al.* (1996) [111] von 5 % im Jahre 1985 auf knapp 10 % im Jahre 1993 an. Diesen Umstand führt er auf einen Anstieg der Mobilität der Bevölkerung wie auch auf eine zunehmende Anonymität in der Gesellschaft zurück.

2.2.1 Identifikation in der Gesetzgebung

Um eine strafrechtliche Relevanz, die im Zusammenhang mit dem Todeseintritt steht, erkennen oder ausschließen zu können, sind für *Flossmann* (1998) [36] insbesondere folgende Normen der Strafprozessordnung (StPO) von Bedeutung:

§ 159 unnatürlicher Tod

- I Sind Anhaltspunkte dafür vorhanden, dass jemand eines nicht natürlichen Todes gestorben ist, oder wird der Leichnam eines Unbekannten gefunden, so sind die Polizei- und Gemeindebehörden zur sofortigen Anzeige an die Staatsanwaltschaft oder an das Amtsgericht verpflichtet.
- II Zur Bestattung ist die schriftliche Genehmigung der Staatsanwaltschaft erforderlich.

Nicht natürlich ist der durch Selbstmord, Unfall, durch eine rechtswidrige Tat oder sonst durch Einwirkung von außen herbeigeführte Tod. Bei Katastrophenleichen liegt somit immer ein nicht natürlicher Tod vor. Darüber hinaus handelt es sich auch regelmäßig um den Leichnam eines „Unbekannten“.

Denn unbekannt ist ein Toter, dessen Leichnam nicht sofort identifiziert werden kann.

Weiterhin schreibt § 88 StPO die Feststellung der Persönlichkeit des Verstorbenen vor.

Trotz aller Anstrengung kommt es immer wieder vor, dass ein Toter nicht mit ausreichender Sicherheit identifiziert werden kann, und somit zunächst als vermisst gilt. In solchen Fällen greift in Deutschland das Verschollenheits-Gesetz (VerschG), wonach ein Verschollener (Vermisster) bei Seeverschollenheit nach sechs Monaten, bei Luftverschollenheit nach drei Monaten im Aufgebotsverfahren für tot erklärt werden kann.

Waalder (1972) [142] erwähnt die englische Gesetzgebung, nach der Verwandte sieben Jahre ausgehend vom letzten Lebenszeichen ihres Angehörigen warten müssen, bis eine amtliche Todeserklärung erstellt wird.

2.2.2 Problemfaktoren bei der Identifikation

Vor allem bei Masseninglücken, aber auch in Einzelfällen kann der Körper der/des Unbekannten durch Gewalteinwirkung, Verbrennung oder Verwesung bis zur Unkenntlichkeit verändert sein. Im Falle eines einzelnen Vermissten sind diese Schwierigkeiten durch Vergleich mit Material der vermeintlichen Person relativ schnell zu bewältigen. Gerade bei Masseninglücken, die häufig durch gewaltige Kräfte ausgelöst werden oder mit ihnen einhergehen, stellen die Verstümmelungen jedoch ein großes Hindernis dar.

*Waal*er (1972) [142] stellt die Vermutung an, dass viele der Schwierigkeiten dann entstehen, wenn mit der Räumung des Areals begonnen wird, bevor ein Untersuchungskomitee vor Ort war. Viele Autoren sind ebenso der Meinung, dass das Gelände ausschließlich von Spezialisten betreten werden darf, und die Bergung in aller Vorsicht und Genauigkeit vorgenommen werden sollte.

Ist eine große destruktive Kraft an der Katastrophe beteiligt, Naturgewalten oder Explosionen, sind oftmals Leichenteile und andere Beweisstücke über einen großen Bereich verstreut. Dies führt zu erschwerten Bedingungen bei deren Auffindung, Bergung und Zuordnung. Falschidentifikationen können zudem hier ihren Ursprung haben.

Nach einer Explosion von 150 Tonnen Dynamit am 20. April 1944 in Bergen wurden dem Komitee 27 Fundstücke, schätzungsweise Teile unterschiedlicher Verstorbener, übergeben. Tatsächlich aber waren einige Stücke als nicht menschlich zu identifizieren, andere gehörten zu bereits gesichertem Material (*Waal*er 1972) [142].

In einigen Fällen konnten trotz großer Hitzeeinwirkung noch Reste von Weichteilen oder Kleidungsstücken geborgen werden, häufig aber waren nur sehr kleine Knochenfragmente zu finden.

Bei dem Massenselbstmord von „Jonestown“ 1978 kam es nach Berichten von *Brannon* et al. (2002) [13] zu juristischen und rechtsmedizinischen Schwierigkeiten, denen die U.S.-amerikanischen Behörden gegenüberstanden. Besondere Probleme bei der Identifikation stellten das tropische Klima und die Vielzahl an fremden Insektenarten, welche die Körper zu

Tausenden heimsuchten und zersetzten, dar. Die Fäulnis, die dadurch bedingte Aufblähung und Verfärbung der Körper, die Abschilferung der Haut sowie das Hervortreten von Zunge und Augen ließen keine visuelle Identifikation zu. Die Identifikation von Kindern der Sektenanhänger bildete hier das Hauptproblem, da häufig Kleidung getauscht war und wenige medizinische Dokumente vorlagen.

Weil Zähne und zahnmedizinische Füllungen den einwirkenden Noxen in vielen Fällen als einziges Gewebe standhalten, sind sie im Sinne der Problemlösung von entscheidender Bedeutung (*Waal* 1972 [142], *Fischman* 1985 [35] und *Gruber* 1991 [42]).

Glazer und *Theis* (2002) [39] sowie *Stevens* (1972) [135] zählen in dem Zusammenhang die Kieferknochen als Drittes auf, da sie besonders kompakt sind und wie auch die Zähne von Weichgewebe umgeben und geschützt werden.

Aus Sicht der forensischen Odonto-Stomatologie erwähnt *Brown* (1984) [14] die Fortschritte der Zahnheilkunde in der Prävention (Prophylaxe) sowie die damit verbundene Reduktion von kariösen Läsionen und Restaurationen als unheilvolle Herausforderung.

Beschädigung oder Zerstörung von Zähnen und Restaurationen, nicht aufzufindende Zähne samt Füllungen oder unvollständige bzw. falsche Aufzeichnungen des behandelnden Zahnarztes stellen Hindernisse im Identifikationsprozess dar. Im Besonderen der letztgenannte Punkt stellt vielfach ein Problem dar. Oftmals wird nur die vom jeweiligen Zahnarzt selbst vorgenommene Behandlung dokumentiert, nicht aber die bereits von Kollegen angefertigten Füllungen etc. erwähnt.

Der Wunsch nach einem einheitlichen Behandlungsbogen, in welchem jegliche in Erfahrung zu bringende Behandlung zu dokumentieren sei, ist Folge dieses Konfliktes.

Ruddiman (1969) [118] begrüßt aus diesem Grund eine einheitliche Befundkarte des National Health Service von England und Wales, in die alle existierenden Restaurationen eingetragen werden.

Brannon et al. (1999) [12] fassten die Probleme der Odontologen von 50 Katastrophen zusammen, in zehn davon gehörten die Autoren dem Identifikationsteam an.

Sie klassifizierten die Schwierigkeiten, denen das Team gegenüberstand, in externe und interne. Extern waren jene, auf die das ID-Team (dental-identification-team) keinen Einfluss hatte, intern waren dementsprechend die zu beeinflussenden Probleme. Die Autoren berichten u.a. von vertauschten, beschädigten oder zerstörten Überresten, unzureichenden, sehr unterschiedlichen oder gänzlich fehlenden zahnmedizinischen Dokumenten sowie verwaltungstechnischen Einflüssen als externe Probleme. Die emotionale, äußerlich oft nicht erkennbare Belastung der Mitarbeiter, der Mangel an Erfahrung einiger Teamangehöriger sowie ästhetisch einwandfreie und daher nicht entdeckte Füllungen waren die internen Missstände des Komitees – („The restorative dentist’s gain can be the forensic dentist’s lost“).

2.2.3 Identifizierungsverfahren

Die Techniken und Methoden, welche zu einer Persönlichkeitsfeststellung führen können, sind derart zahlreich und in fortwährender Forschung nach Verbesserungen und neuen Möglichkeiten begriffen, dass hier nur die Grundlagen erläutert werden sollen.

Grüner (1989) [43] unterscheidet grundsätzlich drei Kategorien von Identitätsmerkmalen. Es sind in der Reihenfolge zunehmender Valiabilität die „Klassifizierung“, der „Identitätshinweis“ und der „Identitätsbeweis“.

Wie erwähnt ist die Identifikation in den meisten Fällen durch einen Vergleich zu bewerkstelligen. Unter diesen Begriff fallen auch visuelle Abgleichungen wie z.B. das Wiedererkennen durch Angehörige.

Nutzen haben sowohl extrakorporale Objekte, wie Schmuckstücke oder Ausweise, als auch intrakorporale Objekte, wie Narben oder Frakturlinien.

Buchner (1985) [17] gibt einen Überblick über die üblicherweise genutzten Dokumente und stellt eine Liste der gängigsten Methoden auf. Sie sollen im Folgenden kurz aufgezeigt werden.

Das letztendlich gewählte Verfahren bzw. der Umfang der durchzuführenden Maßnahmen orientiert sich an der Leichenerscheinung. Gelingt es also, eine Leiche mit relativ konventionellen Maßnahmen zu identifizieren, scheiden weitergehende Maßnahmen aus (Flossmann 1998) [36]. Eine Kombination der Methoden ist aber nicht selten.

1. Visuelles Erkennen

Das Wiedererkennen durch Inaugenscheinnahme ist die häufigst genutzte Methode, kann aber nur verwendet werden, wenn der Körper noch gut erhalten ist und Angehörige oder Bekannte in kürzester Zeit vorstellig werden können. Da die Zeugen eine hohe emotionale Beteiligung aufweisen, droht nicht selten eine unbeabsichtigt falsche Identifizierung, weshalb diese Methode als am wenigsten zuverlässig gilt. Riepert et al. (1996) [111] konnten in einer Untersuchung über den Stellenwert der verschiedenen Methoden mit Hilfe von Zeugen 14 % der Persönlichkeiten von Leichen erfolgreich bestimmen, womit diese Methode in ihrer Studie an dritter Stelle rangiert.

2. Kleidung und Persönliches Eigentum

Die Untersuchung von Kleidung und persönlichem Eigentum ist hilfreich, vorausgesetzt es liegt keine kriminelle (beabsichtigte) Täuschung der Persönlichkeit vor.

Die Methode basiert auf dem Vergleich einer detaillierten Untersuchung und Beschreibung der Objekte mit den Daten vermisster oder verstorbener Personen.

Diese Objekte sind militärische Identifizierungsmarken um den Hals oder an der Kleidung, ebenso wie gravierter Schmuck und Brieftaschen mit Initialen oder persönlichen Dokumenten.

Eine Identifikation anhand genannter Merkmale wird im allgemeinen nicht als zuverlässig betrachtet, so können die Gegenstände schließlich verlegt oder getauscht worden sein. Es können durch diese Methode jedoch erste Hinweise aufgedeckt werden. In einigen Fällen sind Kleidung und persönliches Eigentum die einzigen Mittel, die für eine Identifikation zur Verfügung stehen.

3. Fingerabdrücke (Daktyloskopie)

Der Vergleich der Fingerabdrücke gilt als eine der zuverlässigsten Techniken. Sind die Hände des/der Verstorbenen gut erhalten, so sollen die Fingerabdrücke aufgrund ihrer Individualität eine schnelle und eindeutige Sicherung der Identität liefern können, vorausgesetzt, es liegt brauchbares Vergleichsmaterial vor.

In der Studie von *Riepert et al.* (1996) [111] konnte die Daktyloskopie hingegen nur in einem von 53 Fällen (ca. 2 %) ein Ergebnis liefern.

Heute ist es mit Hilfe von verbesserten Techniken möglich, auch im Falle schwerer Verbrennung oder einsetzender Verwesung adäquate Abdrücke zu erhalten. Es ist sogar möglich, die unteren Epidermisschichten, freigelegte Fingerkuppen oder die Hälfte der Oberfläche einer Fingerkuppe zu verwenden.

Die Nutzbarkeit der Daktyloskopie ist aufgrund der abweichenden kriminaltechnischen Entwicklungen in den jeweiligen Staaten sehr verschieden. So sind in der Bundesrepublik Deutschland nur etwa 3 % der Bevölkerung, vornehmlich Asylbewerber und Straffällige per Fingerabdruck erfasst (*Zachert* 1991 [152], *Stevens* 1972 [135]). Damit erklären auch *Riepert et al.* (1996) [111] ihr Ergebnis.

Es besteht allerdings eine indirekte Möglichkeit, Fingerabdrücke der vermeintlichen Person aus deren heimischer Umgebung zu erlangen, wie sie an Haarbürsten oder Büchern zu finden sind (*Flossmann* 1998) [36].

Sopher [1976] [132] erklärte hingegen, dass in den USA die Identifizierung per Fingerabdruck-Methode immer Priorität vor anderen, auch mittels Zähnen vollzogenen, genießen werde. Begründet sieht er diese Annahme in den umfangreichen Datenregistern der nordamerikanischen Bundeskriminalpolizei FBI, in denen traditionell die Fingerabdrücke eines Großteils der nordamerikanischen Population gespeichert sein sollen. *Rothwell* (2001) [116] erwähnt die Gründung dieser Register bereits im frühen 20. Jahrhundert.

In Deutschland steht zur Zeit die Aufnahme von Fingerabdrücken jedes Bürgers in dessen Pass zur Diskussion.

4. Zahnmedizinische Untersuchung:

Die erste Identifikation anhand der Zähne kann auf das Jahr 49 A.D. zurückgeführt werden.

Hinsichtlich der Erfahrung, dass die Weichteile nach dem Tod nicht lange verbleiben und auch von einwirkenden Noxen schnell zerstört werden, sind die Zähne, deren Mikrostruktur bis zu einer Temperatur von 1600 °C erhalten bleibt, das widerstandsfähigste Gewebe (*Rothwell 2001*) [116]. Dazu zählen in diesem Kontext auch die Materialien der Zahnrestorationen.

Die Dentition eines Erwachsenen beinhaltet 32 Zähne. Jeder davon weist fünf in vivo sichtbare und in unterschiedliche Richtungen weisende Oberflächen auf. So existieren unzählige Kombinationen von fehlenden Zähnen, Füllungen, kariösen Läsionen und prothetischen Versorgungen, die das Gesamtbild des Befundes bilden.

Zusätzliche Möglichkeiten ergeben sich durch Betrachtung von Röntgenaufnahmen der Zähne und der Kiefer, welche eine Vielfalt von anatomischen Varianten erfassen lassen. Diese finden sich an der angeborenen und iatrogenen Morphologie z.B. von Wurzeln, Wurzelfüllungen, pathologischen Prozessen der Kiefer, der Trabekelausrichtung im Knochen, dem Umriss des Sinus maxillaris etc. (*Ruddiman et al. (1969)* [118]).

Der Röntgenbildvergleich stellt die häufigste Methode der dentalen Identifikation dar (*Rothwell 2001*) [116].

Die feuerresistente Markierung von Prothesen wird allgemein begrüßt (*Stevens 1972* [135], *Ruddiman 1996* [118]).

In einigen Fällen genügte ein einziger Zahn oder Fragmente eines Kiefers, um eine eindeutige Zuordnung zu erreichen, vorausgesetzt es besteht die Möglichkeit, auf intravitale Dokumentationen zurückzugreifen.

Brannon et al. (2002) [13] konnten mit Hilfe der zahnmedizinischen Untersuchung 79 % der 2416 Selbstmordopfer der Sekte von „Jonestown“ identifizieren.

Riepert et al. (1996) [111] gelangen in fast der Hälfte der Fälle ihrer bereits erwähnten Untersuchung eine Identifizierung durch den Vergleich von zahnärztlichen Befunden.

Der Nachteil dieses Systems besteht wie auch bei den Fingerabdrücken darin, dass nicht in jedem Fall zahnärztliche Aufzeichnungen verfügbar sind. Darüber hinaus ist die Existenz einer Liste Voraussetzung, auf der ein Personenkreis vermerkt ist. Nur wenn sich der Verdacht auf einen Personenkreis begrenzt, scheint es sinnvoll, zahnärztliche Unterlagen anzufordern.

Ein weiteres Objekt des odontologischen Vergleichs stellt *Heine* (1994) [55] mit dem Muster der Gaumenfalten dar, welches auf Abdrücken oder deren Positiven, dem Gipsmodell, abzulesen ist.

Bissspuren an Körpern können ebenso mit Gipsmodellen der Kiefer eines Verdächtigen verglichen werden (*Endris* 1985) [33].

Metzger et al. (1980) [81] beschreiben den Nachweis von Tetrazyklinen aufgrund ihrer fluoreszierenden Eigenschaft unter ultraviolettem Licht als weiteres Beispiel: Ist die medizinische Vergangenheit der/des Toten bekannt und damit auch der Konsum von antibiotischen Arzneimitteln wie Tetrazyklinen, so bietet sich damit ein wenn auch schwacher Hinweis. Denn diese Substanzen wirken sich in der Zahnentwicklung in charakteristischer Weise auf die Mineralisation aus.

Mehrere Autoren (*Gustafson* 1966 [47], *Sopher* 1976 [132], *Endris* 1979 [32], *Markert* et al. 1982 [78]) empfehlen, die „dental identification“ in solchen Fällen anzuwenden, bei denen übliche gerichtsmedizinische Verfahren nicht oder nicht sicher zu Ziel führen. Ebenso wird sie als Unterstützung in Zweifelsfällen empfohlen.

Allerdings sollen hierbei Zahnmediziner Kenntnisse gerichtsmedizinischer Arbeitsweisen besitzen (*Gustafson* 1966) [47].

5. Medizinische und Radiologische Untersuchung

Die allgemeinmedizinische Untersuchung der sterblichen Reste liefert Informationen in Bezug auf Geschlecht, ungefähres Alter, ethnische Herkunft, Schätzung der Körpergröße und des Körpergewichtes sowie der Augen- und Haarfarben. Sie konzentriert sich gleichsam auf spezielle Hautmerkmale wie Tattoos, Muttermale und Narben. Fotos der Leiche sind vor allem dann angezeigt, wenn solche Besonderheiten vorliegen.

Die Untersuchung der inneren Organe liefert weitere Indizien, wie zu der Todesursache oder zu vorausgegangenen Krankheiten. Bedeutsam ist das Fehlen von Organen (z.B. des Appendix), da dies auf eine vorausgegangene Operation schließen lässt und Grundlagen für einen Vergleich schafft. Basierend auf besonderen medizinischen Befunden konnten *Riepert et al.* (1996) [111] in Verbindung mit weiteren Methoden in 12 % der Fälle eine Identifizierung erreichen.

Im Fall äußerlich durch Verwesung oder Verbrennung stark veränderter Körper kann das Geschlecht anhand der inneren Geschlechtsorgane und der Untersuchung des Erbgutes bestimmt werden.

Radiologische Untersuchungen spielen eine überaus wichtige Rolle. Da die Identifikation mit Hilfe von Röntgenaufnahmen Inhalt der vorliegenden Arbeit ist, wird auf diesen Bereich im Folgenden gesondert eingegangen.

6. Untersuchung des Skelettes

Das Skelett sowie dessen Überreste liefern eine Fülle von Informationen, die ebenfalls zu einer Bestimmung von Alter, Geschlecht, ethnischer Herkunft und Statur der Person führen können. Der Beweiswert des Skelettes ist abhängig von der individuellen Morphologie der knöchernen Strukturen, welche die große Menge möglicher Identitäten einschränkt. Dazu zählen nicht zuletzt Missbildungen, pathologische Veränderungen und frühere Frakturlinien.

Demgegenüber liegt der Beweiswert des Skelettes für *Grüner* (1989) [43] „nur“ in der ersten seiner Kategorien, der Klassifizierung, allerdings darauf hinweisend, dass durch Alters-, Geschlechts- und Größenbestimmung Identitäten anderer Klassifikationen mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Um anhand des knöchernen Schädels Identität zu erlangen, müsse man Rückschlüsse auf das Gesicht schließen können. Dieses wird z.B. mit einer Reproduktion der Weichteile (*Iten* 1987 [60], *Rothwell* 2001 [116]) und mit Foto-Superprojektion (*Helmer et al.* 1974 [56] und *Grüner* 1989 [43]) versucht, wobei von der Individualität der Form ausgegangen wird. Die erste Methode weist durch die Wahl von Augen-, Haut- und Haarfarbe ein relativ hohes Maß an Ungenauigkeit auf (*Rothwell* 2001) [116].

7. Serologische Untersuchung und Untersuchung an Haaren

Die Blutgruppenvarianten ABO und der Rhesusfaktor sind in der Bevölkerung derart häufig vertreten, dass eine Identifizierung nur im Sinne einer Untermauerung eines mit Hilfe anderer Methoden aufgestellten Verdachtes in Frage kommt. Eine Methode höherer Spezifikation ist die Untersuchung von Blutgruppenantigenen, die sich aus blutgefüllten Organen wie Leber, Lunge und Skelettmuskeln herauslösen lassen (*Buchner* 1985) [17]. Diese Antigene lassen sich auch aus dem Knochenmark gewinnen, wenn die Weichteile beispielsweise zersetzt sind.

Grüner (1989) [43] weist darauf hin, dass bei der Blutgruppenbestimmung ungewöhnliche Kombinationen extrem seltener Einzelmerkmale einem Identitätsbeweis nahe kommen.

Die mikroskopische Untersuchung von Haaren weist auf Volksgruppenzugehörigkeit hin oder lässt zwischen menschlichen und nicht menschlichen Überresten unterscheiden. In diesem Zusammenhang beschreibt *Guinn* (1970) [45] die elektrische Neutronenanregung von Haaren und Nägeln.

8. Ausschlussverfahren

Identifikation mit Hilfe des Ausschlusses von Individuen ist nur dann aussagekräftig, wenn sich die Zahl der möglichen Identitäten gering hält und sich das Vorgehen auf ein „geschlossenes System“ bezieht, wenn also ein Personenkreis und eine korrespondierende Anzahl Leichen gesichert werden konnte (*Buchner* 1985 [17] und *Stevens* 1972 [135]). Das Verfahren kann zwar nicht als zuverlässig angesehen werden, dennoch ist es unter gewissen Bedingungen das einzig Ergebnis liefernde. So konnten *Riepert et al.* (1996) [111] in 16 Fällen Identitäten ausschließen, alle anhand von Röntgenaufnahmen.

9. DNA

In der Aufzählung von *Buchner* (1985) [17] wurde noch nicht auf die Anwendbarkeit der DNA eingegangen, da erst seit Mitte der achtziger Jahre Vergleiche auf genetischem Niveau durchgeführt werden.

Die auf Professor Alec Jeffreys zurückzuführende Methode wurde bis zum heutigen Tag stetig weiterentwickelt, so dass sie in Zuverlässigkeit und Eindeutigkeit nicht zu überbieten ist und in der Rechtsmedizin routinemäßig Anwendung findet.

Im Genaueren wird dabei der Umstand ausgenutzt, dass in der DNA jedes Menschen Abschnitte vorhanden sind, die von Mensch zu Mensch große Unterschiede zeigen („Längenpolymorphie“) (*Bär* 1998) [2].

Einsatzgebiete sind hier nicht nur die Identifizierung von Leichen bei starker Leichenveränderung und Massenkatastrophen, wie z.B. nach dem Anschlag auf das World Trade Center, sondern auch Untersuchungen von kriminalistischen Spuren und Verwandtschaftsgutachten. Hierzu seien der Fall OJ Simpson im Jahr 1996 und die Gefangennahme Saddam Husseins im Jahr 2003 als Beispiele genannt.

Herausragend ist an dem Verfahren vor allem, dass auch nach Jahren noch mit geringsten Spuren, mittlerweile reichen DNA-Mengen im Piktogrammbereich aus, Identitäten festgestellt werden können (*Bär* 1998) [2].

Nach 165 Jahren konnte 1998 die Herkunft des 1833 ermordeten Kaspar Hauser geklärt werden. Die sogenannte Prinzentheorie, er sei der Nachkomme des Prinzen von Baden aus erster Ehe, wurde damit widerlegt (*Groenert* 2004) [41].

Neueste Untersuchungen ziehen dieses Ergebnis allerdings in Zweifel.

Es gibt viele Versuche seitens der Rechtsmedizin, die Ergebnisse umfassender Identifikationsverfahren zu klassifizieren, sowie die Ebenen und die verwendete Terminologie zu standardisieren. Daraus resultiert eine Vielzahl an Kategorien. *Rothwell* (2001) [116] stellt sein System, bestehend aus vier Kategorien, vor:

- Positive Identifikation:

Die Übereinstimmung im Vergleich von Daten vor und nach dem Tod reicht aus, um eine eindeutige Aussage zur Identität zu treffen.

Es liegen keine Diskrepanzen vor.

- Denkbare Identifikation:
 - Übereinstimmende Merkmale liegen vor, aufgrund von minderwertigen Aufzeichnungen oder dem Mangel an postmortalen Spuren kann aber keine eindeutige Identifikation erreicht werden.

- Unzureichende Spur:
 - Die zur Verfügung stehende Information reicht nicht aus, um eine Schlussfolgerung zu begründen.

- Ausschluss:
 - Zwischen ante- und postmortalen Spuren liegen deutliche Widersprüche vor.

2.3 Röntgenidentifikation

Röntgenaufnahmen dienen dem Rechtsmediziner neben der Verbrechensaufklärung (*Sainio et al. 1990 [121]*, *Harcke et al. 2002 [52]*) und Altersschätzung (*Kvaal et al. 1995 [71]* und *Paewinsky et al. 2003 [102]*) vor allem der Leichenidentifikation. Letzteres spielt vornehmlich dann eine wichtige Rolle, wenn andere Methoden wie z.B. visuelles Erkennen aufgrund der Zerstörung oder Verwesung des Körpers nicht anwendbar sind.

Nortjé (1986) [89] erinnert an die erste Verwendung von Röntgenbilder in der Gerichtsmedizin: Bereits ein Jahr nach Röntgens entscheidender Entdeckung wurden von der Leiche der Weberin Elizabeth Ann Hartley im Jahr 1896 Röntgenaufnahmen angefertigt, welche die Existenz von vier Geschossen in ihrem Schädel aufdeckten. Zu gleichem Zweck findet dieses bildgebende Verfahren nach wie vor Anwendung.

Darüber hinaus findet die Röntgentechnik inzwischen in weiteren Bereichen der forensischen Medizin Anwendung: *Calder (1987) [18]* stellt die Möglichkeit des Nachweises von Gasen in den Körperhöhlen heraus, wie sie bei Todesfällen von Tauchern zu beobachten sind. Dabei

müssen postmortale Veränderungen, die zu einer Veränderung der Gase führen würden, zum Beispiel bei Transport der Leiche über den Luftweg, ausgeschlossen werden.

Weiter ist es möglich, mit Hilfe von Protonen-induzierter-X-ray-Emission (PIXE) Informationen über die elementare Herkunft des Untersuchungsmaterials zu erlangen. *Warren et al.* (2002) [145] konnten mit Hilfe der PIXE einer vollkommen verbrannten Materie knöcherne Herkunft bescheinigen.

Die Verwendung von Röntgenbildern zu Identifikationszwecken regte *Schuller* (1921) [126] an, der in dieser Hinsicht den Nasennebenhöhlen ein hohes Maß an morphologischer Varianz zuspricht. *Culbert* und *Law* (1927) [21] schließlich nehmen den ersten positiven Identifikationsprozess basierend auf Röntgenbildern, hier von den Sinus des Mastoids, für sich in Anspruch.

Die Methode der Röntgenidentifizierung beruht einerseits auf der hohen Widerstandskraft des Skelettes gegenüber äußeren Einflüssen zu Lebzeiten und nach dem Tod, andererseits auf der starken interindividuellen Variabilität des Skelettes (*Leopold et al.* 1998 [74], *Riepert et al.* 1995 [112]).

Dass zwei Individuen dieselbe Kombination von skelettalen Besonderheiten aufweisen, ist extrem selten, wenn nicht gar unmöglich (*Owsley et al.* 1992) [100].

Ihren praktischen Nutzen erhält die Methode letztlich dadurch, dass nach *Neiss* (1976) [87] und *Riepert et al.* (1995) [112] von nahezu jedem Menschen in Industriestaaten mindestens ein Röntgenbild existiert.

Riepert et al. (1995) [112] weisen darauf hin, dass Röntgenbilder zudem die Orientierung bei stark zerstörten oder verwesenen Leichen vereinfachen können sowie bei fehlendem Identitätshinweis Rückschlüsse auf das Geschlecht und das Lebensalter zulassen.

Grüner (1989) [43] führt die mit Hilfe von Röntgenaufnahmen vorgenommene Identifikation in der Kategorie „Identitätsbeweis“ auf. Darunter fallen solche Merkmale, die für sich allein genommen bereits eine sichere Feststellung der Person ermöglichen sollen. Damit setzt er den Röntgenbildvergleich bezüglich seiner Beweiskraft der Daktyloskopie und dem Vergleich von Zahnbefunden gleich.

Auch *Fischman* (1985) [35], *Neiss* (1976) [87] und *Riepert et al.* (1995) [112] sehen den Beweiswert des Variabilitätsvergleiches von Röntgenbildern als ebenso sicher und zuverlässig an, wie den der Daktyloskopie. *Rothwell* (2001) [116] hält antemortem Röntgenaufnahmen sogar für die zuverlässigste Informationsquelle überhaupt.

Die Erfolgsrate der Röntgenidentifikation lag im Untersuchungsgut von *Riepert et al.* (1996) [111] bei 28 % und damit an zweiter Stelle hinter dem Vergleich des Zahnstatus (46 %).

Die Aufklärungsquote, also die Eindeutigkeit, mit der ein Röntgenbild zu einer Feststellung oder zum Ausschluss einer Identität führte, lag bei überragenden 93,9 %.

Dabei erwiesen sich Aufnahmen aller Körperregionen als geeignet.

Auch *Stevens* (1972) [135] hält diverse Aufnahmen für ebenso nützlich wie Zahnfilme.

Identitätsmerkmale am Skelett gibt es an sehr vielen Knochen. In Übereinstimmung mit *Grüner* und *Helmer* (1975) [44] halten *Leopold et al.* (1998) [74] es für nicht möglich, alle aufzuzählen, die einmal dafür vorgeschlagen wurden – von alten Frakturen über Sequestrierung bis zu Spongiosafeinstruktur und den Knochenbesonderheiten.

Aufnahmen des Schädels (*Helmer* und *Leopold* 1974 [56], *Culbert* und *Law* 1927 [21] und *Riepert et al.* 2001 [110]), des Brustbeins (*Teige*, 1981) [137], der Wirbelsäule mitsamt der Rippenköpfe und des Sprunggelenks (*Markert et al.* 1982) [78] erwiesen sich aufgrund ihrer Individualität und ihres in der Bevölkerung relativ häufigen Vorkommens als praktikabel.

Bei der Identifikation von 53 Leichen durch Röntgenbildvergleich, vorgenommen von *Riepert et al.* (1996) [111], nahm der Schädel den 1. Platz ein.

Die Möglichkeiten der digitalen Radiographie stellen nicht nur in der Diagnostik sondern auch im Bereich der Röntgenidentifikation Nutzen wie auch Risiken dar.

Die Bilder können digital in Ihrer Qualität verbessert, gespeichert und via Internet in die ganze Welt gesendet werden, was die internationale Kooperation fördern kann (*Alt* 1999) [1]. *Rothwell* (2001) [116] und *Du Chesne et al.* (1999) [24] bescheinigen dieser Technik ebenfalls signifikante Vorteile und zunehmende Beliebtheit, erinnern jedoch gleichzeitig an die mit der vermehrten Verwendung digitaler Radiographie einhergehende zunehmende Möglichkeit der Bilderverfälschung. Rechtliche Probleme aufgrund der zukünftigen Existenz der Bilder

ausschließlich als „Data-File“ scheinen vorhersehbar. Diese Annahme unterstützen *Jones et al.* (1996) [64], indem sie digital aufgenommenen Photos und Röntgenbildern ihren Nutzen als Beweisstück vor Gericht absprechen.

Hanaoka et al. (2001) [50] stellen in Ihrer Untersuchung an zwei Mordfällen die Vorteile der digitalen Radiographie heraus: In beiden Fällen erweist sich dieses Röntgenverfahren als einfach zu bedienen, schnell und effektiv und ermöglicht Superprojektionen, Vergrößerungen sowie mehr Mobilität.

Die digitale Bildbearbeitung konnten *Riepert et al.* (2001) [113] bei einer Studie nutzen: mit Hilfe eines neuen Computerprogramms (FoXSIS) wurden aus Computertomographie-Datensätzen eines Schädels konventionelle Röntgen-Summationsbilder berechnet und erstellt.

Es wird von einer größeren Anzahl Autoren (*Brannon et al.* 2002 [13], *Heine et al.* 1994 [55], *Fischman* 1985 [35] und *Rothwell* 2001 [116]) empfohlen, möglichst viele verschiedene postmortale Röntgenaufnahmen anzufertigen. So ist zum einen ein Vergleich der Daten mit den vom Behandler angeforderten mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit möglich, und es muss mit der gerichtlichen Sektion nicht bis zum Eintreffen der Dokumente gewartet werden. Zum anderen wird ein Maximum an Aussagekraft erlangt, selbst wenn keine Vergleichsbilder existieren. Ist dies der Fall, sollen Aussagen zu Geschlecht, Population, evtl. Einflüssen von Sport, Beruf oder Krankheit bei der Röntgendiagnostik die Primäridentifikation (s.u.) unterstützen (*Leopold et al.*, 1998) [74].

Neiss (1968) [86] fordert, mindestens 20 bis 30 Röntgenbilder pro Leiche anzufertigen. Zumindest bei Massenunfällen halten *Hunger* und *Leopold* (1978) [59] diese Forderung aus Zeitgründen für nicht erfüllbar.

Das Vorgehen selbst basiert auf einem Abgleichen von anatomischen Strukturen hinreichender Individualität auf ante- und postmortem Aufnahmen.

Neiss (1968) [86], für den die Röntgenaufnahme die exakteste anatomische Abbildung überhaupt darstellt, schildert zwei Wege der Röntgenidentifikation: zum einen den Vergleich

eines intravitalen Röntgenbildes mit einem nach dem Tode gefertigten wie er auch bei *Buchner* (1985) [17] beschrieben wird (Sekundäridentifikation), sowie die primäre Röntgenidentifikation, bei der die Aufnahme direkt nach persönlichen Kennzeichen, morphologischen und anatomischen Merkmalen untersucht wird.

Dabei kann es sich im Einzelfall auch um Fremdmaterialien, häufig metallische Objekte handeln, die sich im Gewebe oder in Körperhöhlen befinden, und die bei der Obduktion nicht gesehen werden können. Sowohl iatrogen eingebrachte Materialien, aber auch durch die im Zusammenhang mit dem Tod des Opfers stehende Gewalteinwirkung in das Gewebe verlagerte Gegenstände, wie sie von *Stevens* (1972) [135] beschrieben werden, sind somit zu finden.

Das Gelingen der Identifikation ist in hohem Maße von der Beschaffung und der Qualität des Vergleichsmaterials abhängig. Dies ist um so wichtiger wenn man bedenkt, dass nach *Stevens* (1972) [135] und *Du Saucey* (1991) [27] die Aussagekraft der Röntgenbilder in einigen Fällen so groß ist, dass sie alleinig zum Bestimmen der Identität ausreichen.

Schon deshalb ist es wichtig daran zu erinnern, dass zumindest auf die Qualität des postmortalen Vergleichsmaterials durch das Vorgehen während der Sicherung und Lagerung der Leiche, der Leichenreste oder der Beweisstücke Einfluss genommen werden kann.

Fischman (1985) [35] hält sich dabei an folgendes Schema: zunächst sei es nach Eintreffen des Körpers in der Leichenhalle üblich, einen kompletten Röntgenüberblick zu erstellen, bevor die Leiche zur Sektion freigegeben wird. Dieses Vorgehen beinhalte für gewöhnlich mindestens zwei Aufnahmen des Schädels. Häufig könnten bereits aus diesen Aufnahmen Informationen über pathologische Prozesse der Zähne, impaktierte Zähne oder Zeugnisse zahnärztlicher Behandlung gelesen werden. Im Verlauf der Sektion übernehme der forensisch tätige Odontologe schließlich die Untersuchung der Mundhöhle, sowohl klinisch als auch radiologisch. Vor allem bei Massenunfällen sei es außerordentlich wichtig, Proben wie auch Röntgenbilder daher eindeutig zu markieren.

Es stellt nach den Erfahrungen von *Nortjé et al.* (1986) [89] keine Schwierigkeit dar, antemortem Röntgenbilder zu rekonstruieren, sofern bei der Einstellung des Zentralstrahls und

der Filmpositionierung sorgfältig gearbeitet wird. *Fischman* (1985) [35] empfiehlt, mehrere Aufnahmen derselben Region mit unterschiedlichen Projektionen anzufertigen; so sei die Wahrscheinlichkeit größer, sich dem Original anzunähern. Seitens der Rechtsmedizin bestehe die Anforderung an den Behandler (Arzt oder Zahnarzt), konventionelle Aufnahmetechniken anzuwenden und die Röntgenbilder mit dem Namen des Patienten und dem Aufnahme datum zu versehen.

Die Einstellungen von Stromstärke (kV) und Spannung (mA) müssen nur dann um einen Wert von etwa 25 – 50 % reduziert werden, wenn der Körper oder der zu untersuchende Körperteil keine Weichteilbedeckung mehr aufweist (*Nortjé et al.* 1986) [89].

Besteht keinerlei Verdacht auf die Identität, gilt als eine der effizientesten Möglichkeiten, die postmortalen Röntgenbilder in der Fachpresse zu veröffentlichen, um den Fall möglichst vielen Fachleuten vorzustellen (*Alt* 1999) [1]. Dies erfolgt in Deutschland nach vierwöchiger ergebnisloser Untersuchung.

2.3.1 Dentale Röntgenidentifikation

Aufgrund des häufigen Vorkommens von zahnärztlichen Röntgenaufnahmen und deren hoher Aussagekraft kommt der dentalen Röntgenidentifikation besondere Bedeutung zu.

Grüner (1989) [43] stellt die Formbesonderheiten des Schädels mitsamt der Zähne als besondere Erkenntnisquelle dar. Dabei sind Bissflügelaufnahmen, die ansonsten vor allem der Kariesdiagnostik dienen, die am häufigsten zu Identifikationszwecken herangezogenen zahnmedizinischen Röntgenaufnahmen (*Mac Lean et al.* 1994) [76].

Im Interesse des Betrachters liegen hier vor allem iatrogene Eingriffe im Sinne von zahnerhaltenden und zahnärztlich-prothetischen Maßnahmen. Zahnfüllungen sind wegen ihrer individuellen Anfertigung personenspezifisch.

Der vermehrte Einsatz zahnfarbener und wenig röntgensichtbarer Füllungswerkstoffe sowie die Reduzierung von kariösen Läsionen und Restaurationen aufgrund von zunehmend

praktizierter Prophylaxe sehen *Mac Lean* et al. (1994) [76] als Ursache dafür an, dass die Bissflügelaufnahme vor allem bei jungen Menschen zusehends an Wert für die Identifikation verliert.

Du Chesne et al. (1999) [25] fordern, die postmortale Röntgenologie der Zähne durch geeignete Färbemethoden zu ergänzen, da in ihrer Untersuchung 40 % der elf untersuchten zahnfarbenen Füllungsmaterialien keine ausreichende Röntgenopazität aufwiesen.

Obwohl *Borrman* und *Gröndahl* (1990) [11] in einigen von jenen Fällen, in denen keine Zahnfüllungen vorliegen, eine dentale Röntgenidentifikation für unmöglich halten, führen in vielen Fällen anatomische Besonderheiten zum Erfolg.

So gelang *Fielding* (2002) [34] beispielsweise die Identifikation anhand der nutritiven Kanäle des Alveolarfortsatzes.

Besonderes Augenmerk legen viele Autoren (*Ruddiman* 1969 [118], *Wood* et al. 1994 [150], *Law* et al. 1996 [73], *Fischman* 1985 [35]) bei intraoralen Bildern neben den Füllungen auf die Morphologie der Zahnwurzel, des Pulpenkavum und der Alveole, auf die Ausrichtung der Knochen trabekel im Interdentalraum, die Existenz von Wurzelfüllungen sowie die Form der Kieferhöhlenbuchten zwischen den Wurzeln der oberen Molaren. Neben dem einfachen Bildvergleich werden hier auch weitergehende Methoden angewandt:

In der Untersuchung von *Wood* et al. (1994) [150] wurden Bissflügelaufnahmen auf einen Computer übertragen. Mit Hilfe digitaler Bildbearbeitung wurde ein schmales Stück aus dem Bereich der Wurzeln des postmortalen Röntgenbildes ausgeschnitten. Dasselbe geschah mit dem antemortalen Bild, so dass nun der Ausschnitt des postmortalen auf den fehlenden Bereich im antemortalen Bild projiziert werden konnte. Zuvor fand am Computer eine Abstimmung von Kontrast und Helligkeit der Bilder aufeinander statt.

Law und *Bowers* (1996) [73] modifizierten die Methode nach *Smith* und füllten die Alveolen eines bereits 1991 gefundenen zahnlosen und bis zum Untersuchungszeitpunkt noch nicht identifizierten Schädels mit dünnfließendem Silikon, welchem man zur Röntgensichtbarkeit Bariumsulfat in einer Konzentration von 98 % beimengte. Die schließlich angefertigten

Röntgenaufnahmen zeigten Details, die auf den vorherigen Aufnahmen nicht sichtbar waren, wie beispielsweise die Ausformungen der Apices.

Waalder (1972) [142] beschreibt die Identifikation mit Hilfe von Metallstücken, die nach einem Hotelbrand in Bergen im Jahr 1959 asserviert wurden. Es handelte sich um eine zahnärztlich-prothetische Brücke und eine mit einem Goldinlay verschmolzene Amalgamfüllung, deren Zuordnung zu jeweils einem Hotelgast durch Röntgenbildvergleich gelang. Einen weiteren Erfolg durch Röntgenbildvergleich beschreibt der Autor im Falle einer Explosion eines mit Dynamit beladenen Schiffes im April 1944 in Norwegen: Teile von Maxilla und Mandibula konnten aneinandergelegt werden, ein Röntgenbild derselben gab die knöchernen Begrenzung der Alveolen wieder.

2.3.2 Identifikation anhand des Orthopantomogramms (OPG)

Die Panoramaschichtaufnahme kann aufgrund des umfassenden Abbildes beider Kiefer und deren umgebender Strukturen in relativ kurzer Zeit von großem Vorteil für die Personenidentifikation sein. Zu diesem Zweck fand diese Aufnahmetechnik erstmals im Jahr 1966 durch Gustafson Anwendung (*Du Chesne et al.* 2000) [26].

Haertig et al. (1991) [48] sehen das OPG als die einzig verlässliche und fehlerfreie Aufzeichnung an. Sie begründen dieses damit, dass weder ein Übertragungsfehler noch eine Verwechslung der Quadranten stattfinden kann, sofern diese gekennzeichnet sind.

Die zunehmende Anwendung dieser Technik in der zahnärztlichen Praxis erhöht zusätzlich ihren Wert für die Personenidentifikation (*Happonen et al.* 1991) [51].

Das Orthopantomogramm (OPG) wird entweder auf Hinweise, die zu einer Identifikation oder deren Ausschluss führen, untersucht oder aber mit einer antemortem-Aufnahme direkt

verglichen. Liegen dabei keine Zeichen zahnmedizinischer oder medizinischer Behandlung vor, konzentriert sich die Untersuchung auf individualspezifische anatomische Merkmale.

Bei der Anfertigung der postmortem-Aufnahme wird der Schädel, häufig aber auch nur die präparierten Kiefer, möglichst nach den üblichen Anhaltspunkten in den Orthopantomograph positioniert, um der antemortem-Aufnahme nahe zu kommen.

Die Reproduktion des OPG bereitet mit der Einstellung der Knochen, teilweise der Knochenfragmente, häufig Probleme. *Doychinov et al. (1994) [23]* sind der Meinung, dass eine Panoramaschichtaufnahme nur dann zu einer Identifikation beitragen kann, wenn gut erhaltene Antagonisten die Abbildung in Okklusion ermöglichen.

Du Chesne et al. (2000) [26] konnten einen strahlendurchlässigen Dreifuß entwickeln, um die Positionierung der Kiefer unabhängig von den Stützzonen zu vervollkommenen. Zusätzlich wandten sie einen künstlichen Wirbelsäulenersatz und einen Weichteilfilter an. Um die Kiefer in der gewünschten Position zu fixieren, schlagen *Happonen et al. (1991) [51]* die Anwendung von Wachs, Klebeband und weichem Papier vor, sofern dieses notwendig ist.

Bei der Untersuchung von 17 OPG konnten *Happonen et al (1991) [51]* die meisten Personen anhand der Morphologie ihrer dentalen Restaurationen feststellen. Zu weiteren Identifikationen kam es anhand der Zahn- und Wurzelform sowie der Zahnzahl.

Im Fall einer weiblichen Brandleiche, aufgefunden in einem brennenden Wohnwagen, nahmen *Doychinov et al. (1994) [23]* die Identifikation anhand einer Drahtligatur im Unterkiefer vor. Nach deren Entdeckung forderten sie ein ante-mortem OPG an und konnten die radiologische Abbildung der Osteosynthese in Deckung mit der post-mortem-Aufnahme bringen.

2.4 Die Panoramaschichtaufnahme

Diese weit verbreitete Röntgentechnik wird in der zahnärztlichen Praxis als Routineaufnahme angewendet und dient der Übersicht (*Lilienthal et al. 1991) [75]*.

Nach *Rothwell* (2001) [116] handelt es sich um die gängigste extraorale Aufnahmetechnik. Das Verdienst, als erster ein solches als Pantomographie bezeichnetes Verfahren entwickelt zu haben gebührt *Heckmann* (1939) [53], der die theoretischen Grundlagen beschrieb, dem die Herstellung eines funktionstüchtigen Gerätes aber nicht gelang. Paatero konnte 1951 als erster, wohl ohne Kenntnis der Arbeit von Heckmann, ein funktionstüchtiges Gerät herstellen (*Scheutzel* 1989) [124].

Das komplizierte Prinzip der Panoramafilmaufnahme basiert grundlegend auf der Verwendung einer Schlitzblende und der koordinierten Bewegung ein oder mehrerer Anteile des Fokus-Objekt-Film-Systems. Während anfangs das Objekt bewegt wurde, wird der Kopf des Patienten heute von dem sich gegenüberliegenden Fokus-Film-System umfahren (*Heifetz* 1974) [54].

Die Nutzstrahlung wird durch eine fokusnahe vertikale Schlitzblende (Primärblende) zu einem schmalen Strahlenbündel eingengt. Die Maße der filmnahen Sekundärblende entsprechen der perspektivischen Verlängerung jener der Primärblende und bestimmen das Bildformat in der Höhe (12 cm oder 15 cm).

Der Bildträger wird bei Rotation des Systems an der Sekundärblende vorbeigeführt.

Die Darstellung einer gekrümmten Schicht ergibt sich dadurch, dass nur die Stellen des Objekts scharf abgebildet werden, die mit der gleichen linearen Geschwindigkeit vom Strahlenbündel durchlaufen werden, mit der sich auch der Film bewegt. Dieses ist der Bereich der geringsten Bewegungsunschärfe und wird als zentrale Schichtebene bezeichnet. Anteile des Objekts, die bezogen auf den Strahlengang davor oder dahinter liegen, werden mit niedrigerer bzw. höherer Geschwindigkeit auf den Film projiziert und damit verwischt (*Mc David et al.* 1982) [79]. Es handelt sich hier um den Bereich der relativen Unschärfe.

Diese Technik wird in Abbildung 6, Seite I dargestellt.

Der Bereich der zentralen Schichtebene variiert bei den Herstellern in seiner Form und Breite in Abhängigkeit von Lokalisation und Anzahl der Rotationszentren (*Lilienthal et al.* 1991) [75]. Weiterhin lässt sich die Lage der scharf abgebildeten Schicht durch eine Veränderung der Filmgeschwindigkeit verlegen.

Entsprechend der Neigung der Zahnachsen wird der Zentralstrahl in der Vertikalebene in einem negativen Winkel von 6° bis 8° zur Horizontalebene eingerichtet.

Aufgrund der divergierenden Ausbreitung von Röntgenstrahlen ist eine vergrößerte Abbildung eines Objektes mit zunehmendem Abstand zum Film zu verzeichnen. Durch möglichst geringen Film-Objekt- und großen Fokus-Objekt-Abstand wird versucht, dies zu vermeiden. Da im Falle der Panoramaschichtaufnahme ein gewisser Film-Objekt-Abstand erst eine Rotation ermöglicht, lässt sich eine Vergrößerung jedoch kaum verhindern (*Heifetz* 1974) [54]. Dies geschieht nach *Spitzer* (2000) [133] um den Faktor 1,2 bis 1,5 und ist in den einzelnen Kieferabschnitten nicht einheitlich. Durch die Bewegung des Strahlers auf einer Kreisbahn, variiert der Fokus-Objekt-Abstand abhängig von dem durchstrahlten Bereich, so dass die Kiefer und Zähne in unterschiedlichem Maß vergrößert und verzerrt werden.

Bonneau et al. (1985) [10] beschreiben eine 1959 entwickelte Generation der Panoramaschichtgeräte, den sogenannten Panorex. Besagter Apparat arbeitet mit einem Umdrehungszentrum und untersucht tatsächlich jeden Zahnbogen einzeln. Dabei wird durch die seitliche Positionsänderung des Patienten zum Zeitpunkt einer Unterbrechung der Strahlenexposition an mittlerer Strecke künstlich ein zweites geometrisches Rotationszentrum geschaffen, was der überlagerungsfreien Darstellung der Eckzähne dienen soll. Somit kommen die Frontzähne doppelt zur Abbildung, allerdings ohne von der Darstellung der Wirbelsäule bedeckt zu sein. Vor der Auswertung muss der ungeschwärzte Bereich in der Mitte des Films zusammen mit der zusätzlichen Abbildung der Frontzähne ausgeschnitten werden, so dass die beiden Hälften im Anschluss bündig aneinandergeheftet werden können. Darin sieht *Heifetz* (1974) [54] den Nachteil dieses Gerätes und gibt gleichzeitig zu bedenken, dass eine derartige Projektion strukturelle und anatomische Beziehungen nicht in der Genauigkeit wiedergeben kann, wie es bei einem kontinuierlich entstandenen Bild der Fall ist.

Die nahezu orthoradiale Darstellung aller Zähne und annähernd auch der aufsteigenden Äste mit den Kiefergelenken wurde erst durch eine Weiterentwicklung von *Paatero* (1958) [101] möglich. Das Verfahren erhielt die Bezeichnung Orthopantomographie (OPG), welche auch heute in der Literatur sowie in der zahnärztlichen Praxis allgemeine Gültigkeit besitzt. Der

Orthopantomograph wurde 1959 als Prototyp in Betrieb genommen, 1961 kam der erste serienmäßig hergestellte sogenannte OP1 auf den Markt (*Scheutzel* 1987) [123].

Die kontinuierliche Abbildung kann dadurch zustande kommen, dass sich Film und Fokus auf der Bahn von 3 Kreisbögen mit unterschiedlichen Rotationszentren um das Objekt bewegen (*Heifetz* 1974) [54] (vgl. Abbildung 7, Seite II). Währenddessen dreht sich die Filmkassette in der gleichen Geschwindigkeit um eine eigene Rotationsachse (*Scheutzel* 1987) [123].

Durch einen kleineren Kreisbogen für den Frontzahnbereich ist die zentrale Schichtebene hier schmaler als im Bereich der Seitenzähne und beträgt nach *Jung* (1973) [66] 6 mm. Dieses Maß stimmt nahezu mit den Angaben von *Pasler et al.* (2001) [103] überein, die für den Frontzahnbereich eine Schichtdicke von etwa 8 mm und für die Kiefergelenkregion eine Schichtdicke von etwa 22 mm messen konnten.

Diese Technik hat zwei Nachteile:

1. Da die Filmebene zu den Zähnen im anterioren Bereich geringeren Abstand hält als im seitlichen Bereich, kommt es zu einer merklichen Verzerrung im Bereich des zweiten und dritten Molaren.
2. An den Kreuzungspunkten der drei Kreisbögen verändert sich der Projektionswinkel des Strahls zwei Mal, was Überlappungen und sogar Verwischungen im Bereich der Eckzähne verursacht.

Bei den heutigen Geräten bewegt sich das Film-Fokus-System auf einer kontinuierlichen Ellipse, womit oben genannte Nachteile reduziert werden (*Spitzer et al.* 2000) [133].

Jung (1973) [66] hielt jedoch bereits 1973 keine Rotationsform für geeignet, die anatomisch bedingten Unterschiede zu kompensieren und alle Bereiche orthoradial zu durchstrahlen.

Neben den Standardübersichtsaufnahmen (OPG-N) wurden zusätzlich spezielle Einstellungen (OPG-S) für die Kieferhöhle, die Kiefergelenke und die alleinige orthogonale Abbildung der Zahnbögen entwickelt. Sie fanden in der Praxis bislang jedoch kaum Anwendung.

Für Röntgeneinrichtungen in denen Röntgenstrahlung mit einer Grenzenergie von mindestens fünf Kiloelektronvolt erzeugt wird, gilt die Röntgenverordnung vom 08. Januar 1987, welche

im Juni 2002 geändert wurde. Diese beinhaltet unter anderem Grundsätze zur Qualitätssicherung und zur Aufbewahrungspflicht.

Das Bundesamt für Strahlenschutz erstellt und veröffentlicht als Grundlage der Qualitätssicherung diagnostische Referenzwerte, die bei der Untersuchung von Menschen zu Grunde zu legen sind. Des weiteren werden die Durchführung von Abnahme- und Konstanzprüfung vorgeschrieben:

Die Abnahmeprüfung wird vor Inbetriebnahme sowie bei Änderungen der Einrichtung oder ihres Betriebes durch den Hersteller oder Lieferanten durchgeführt. Die notwendigen Einstellwerte und der Ausgangszustand für die Konstanzprüfung werden ermittelt sowie die Prüfkörperaufnahme (Urfilm) erstellt.

Es folgt eine Sachverständigenprüfung zur Kontrolle der Abnahmeprüfung sowie im Intervall von fünf Jahren.

In regelmäßigen Zeitabständen, mindestens jedoch monatlich, ist eine Konstanzprüfung durchzuführen. Diese beinhaltet das Belichten des in der Abnahmeprüfung verwendeten normierten Prüfkörpers und das Abgleichen der Aufnahme mit dem Urfilm.

Zusätzlich soll die Konstanzprüfung des Entwicklers wöchentlich und die der Dunkelkammer jährlich stattfinden. Ist die erforderliche Bildqualität nicht mehr gegeben oder nur mit einer höheren Strahlenexposition des Patienten zu erreichen, ist unverzüglich die Ursache zu ermitteln und zu beseitigen.

Die im Rahmen der Prüfungen erstellten Filme sind auf Anforderung jederzeit der zahnärztlichen Stelle bereit zu stellen. Diese hat im Rahmen ihrer Befugnisse die Aufgabe, dem Strahlenschutzverantwortlichen, hier also dem Zahnarzt, Maßnahmen zur Optimierung der medizinischen Strahlenanwendung vorzuschlagen.

Röntgenbilder und die Aufzeichnungen über Röntgenuntersuchungen sind zehn Jahre lang nach der letzten Untersuchung aufzubewahren. Die Aufzeichnung von Röntgenuntersuchungen einer Person, die das 18. Lebensjahr noch nicht vollendet hat, sind bis zum 28. Lebensjahr dieser Person aufzubewahren (*RöV 2002*) [115].

2.4.1 Anwendungsbereiche und Indikationen

Grundsätzlich darf Röntgenstrahlung unmittelbar am Menschen nur angewendet werden, wenn ein approbierter Arzt oder Zahnarzt die rechtfertigende Indikation gestellt hat. Diese erfordert die Feststellung, dass der gesundheitliche Nutzen der Anwendung am Menschen gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt (*RöV 2002*) [115].

Das Röntgen zu Forschungszwecken ist nicht erlaubt und bedarf einer schriftlichen Genehmigung des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Panoramaschichtaufnahmen haben in den letzten vierzig Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen und sind heute fester Bestandteil der zahnärztlichen Befunderhebung und Therapieplanung.

Gupta (1973) [46], *Happonen et al.* (1991) [51] und *Rottke* (1987) [117] nennen die unbestrittenen Vorteile der Panoramaschichtaufnahme: beide Kiefer und eine Vielzahl deren umgebender Strukturen, wie die Nasen- und Kieferhöhlen, die Temporomandibularregion, der Processus styloideus, das Zungenbein und der luftgefüllte Hohlraum des Pharynx können auf einer einzigen Aufnahme betrachtet werden. Dadurch besteht eine große Chance, pathologische Zufallsbefunde aufzudecken. Im Anschluss kann dann entschieden werden, ob andere Röntgenaufnahmen bestimmter Regionen zur weiteren Diagnostik von Nöten sind.

Heifetz (1974) [54] betont den Einfluss, den die Anwendung der Panoramaschichttechnik auf das Verhältnis zwischen Zahnarzt und Patient haben kann. Der Zahnarzt habe die Möglichkeit, seine Patienten effektiver zu informieren, der Patient könne sich ein umfassendes Bild seines Gebisses machen. Seine Studie an 1000 OPG von Klinikpatienten zeigten Knochenverluste, Wurzelreste, retinierte Zähne, Zysten und Fremdkörper, die bei den üblichen Untersuchungen nicht entdeckt worden waren. Passend dazu hält *Rottke* (1987) [117] es für notwendig, die den Zähnen benachbarten Strukturen abzubilden, um sie in die zahnärztliche Diagnostik und Differentialdiagnostik einzubeziehen und sieht in der Panoramaschichtaufnahme eine dem modernen zahnärztlichen Denken entsprechenden Fortschritt.

Die Indikation zu diesem Verfahren liefert neben der umfassenden Aufsicht auch die Planung einer Implantation oder anderer operativer Eingriffe, welche die Einschätzung der anatomischen Gegebenheiten voraussetzen. Darüber hinaus dienen die OPG der postoperativen Dokumentation und Fallpräsentation.

Scheutzel (1987) [123] hält den Einsatz der Panoramaschichtaufnahme besonders in der Kieferorthopädie für vorteilhaft, um die Anlage und den Entwicklungszustand der Zähne festzustellen.

Ein weiteres Argument, welches für die routinemäßige Verwendung dieser Röntgenaufnahmen spricht, nennen *Williams et al.* (1986) [149]. Es ist die im Vergleich mit einem intraoral angefertigten Röntgenstatus (Abbildung kleinerer Zahngruppen auf Einzelzahnfilmen) geringere Strahlenexposition, welche zum einen dadurch erreicht, dass die Schlitzblende das Strahlenfeld auf einen schmalen Hautbereich eingrenzt. Zum anderen werden Verstärkerfolien verwendet, die jeweils vor und hinter den Film in die Kassette geklebt werden. Sie sind mit einem Fluoreszenzstoff, zum Beispiel Calciumwolframat oder Bariumfluorchlorid belegt, der durch Strahlung aufleuchtet und den fotografischen Effekt um den Faktor sieben bis zwanzig vergrößert (*Ritter* 1988) [114].

Zudem bedeutet der Einsatz der Panoramaschichtaufnahme im Vergleich zum Röntgenstatus mit Zahnfilmen einen Zeitgewinn (*Jung* 1973) [66].

Für eine exakte Kariesdiagnostik und die Beurteilung marginaler Parodontopathien ist die Panoramaschichtaufnahme nicht geeignet (*Scheutzel* 1987) [123].

Neben dem routinemäßigen Einsatz in der Zahnmedizin findet die Panoramatechnik auch in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde Anwendung und ist hier sogar der Nasennebenhöhlenaufnahme in der Abbildung zystenähnlicher Aufhellungen überlegen (*Ohba* 1976) [93].

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Orthopantomogramm vorteilhaft als Übersichtsaufnahme des stomatognathen Systems, bei der Diagnostik von pathologischen Veränderungen der Kieferknochen und zur Behandlungsplanung in der Prothetik und Kieferorthopädie eingesetzt werden kann.

Den intraoralen Zahnfilm kann diese Aufnahme ebensowenig ersetzen wie die extraoralen Aufnahmen zur Untersuchung von Kiefergelenk und Gesichtsschädel.

2.4.2 Patientenpositionierung

Die korrekte Positionierung des Patienten in das Panoramaschichtaufnahmegerät ist ein wichtiger Faktor, der einen großen Beitrag zu einem optimalen Ergebnis leistet.

Rushton et al. (1999) [119] sehen in ihr die Voraussetzung für eine Aufnahme ohne Verzerrung und Doppelbilder.

Stallard et al. (1974) [134] wie auch *Pasler* et al. (2001) [103] fordern, den Patienten zuvor unbedingt auf Metallobjekte im Bereich des Kopfes und des Halses zu untersuchen, sowie ihn auf das Ablegen von Ohrringen, Brillen, Piercings und sperriger Kleidung hinzuweisen. Die metallischen Gegenstände würden auf der Aufnahme als Störbilder sichtbar werden, die sperrige Kleidung behinderte das Umfahren des Kopfes durch das Fokus-Film-System.

Es sind die Kopfbissstellung, die Horizontalebene, die Vertikalebene und die Zungenhaltung zu beachten (*Rottke* 1987) [117].

Bei bezahnten Patienten dienen eingekerbte, auswechselbare Kunststoffhalterungen dazu, die Frontzähne in Kopfbissstellung und damit in die Zone der Schärfenschicht zu bringen (*Heifetz* 1974) [54]. *Jung* (1973) [66] gibt zu bedenken, dass hierbei nur koronale bzw. radikuläre Anteile der Schneidezähne scharf abgebildet werden, wenn die Neigung ihrer Längsachse in der Sagittalen von den üblichen Werten abweicht. Zahnlose Patienten lagern ihr Kinn lediglich auf der Kinnstütze. Stirnstützen und seitliche Klemmvorrichtungen sorgen für eine sichere Fixierung des Kopfes.

Die Zunge sollte dicht am Gaumen liegen, um eine störende Aufhellung im Oberkieferfrontzahnbereich, verursacht durch die luftgefüllten Kieferhöhlen, zu verhindern. Genauso empfehlen *Pasler* et al. (2001) [103], den Patienten nicht einatmen und die Luft anhalten zu lassen, sondern ihn aufzufordern, ruhig weiterzuatmen, da der luftgefüllte Epipharynx sonst die Abbildung der aufsteigenden Unterkieferäste stark aufhellen kann.

Die Ausrichtung der Median-Sagittallinie in der Mittelachse des Gerätes und die präzise Waagrechte der Frankfurter Horizontalen, definitionsgemäß eine Ebene, die den Orbitaunterrand mit dem Oberrand des Porus akustikus externus verbindet, sind die Grundpositionen. Angezeigt werden die Horizontal- und Medianebene des Gerätes durch Lichtlinien.

Abweichend von dieser bisher vorherrschenden Meinung, sind *Pasler et al.* (2001) [103] der Ansicht, dass der waagerechten Ausrichtung der Schädel mit Hilfe der Kauebene (Okklusalplanum) der Vorrang zu geben ist, weil die beiden Linien oft nicht parallel zueinander laufen und der von ihnen eingeschlossene Winkel graduell erheblich variieren kann. Die Verwendung der Frankfurter Horizontalen zur Einstellung des Schädels hätte demnach recht unterschiedlichen Verlauf der Kauebene im Röntgenbild zur Folge.

In einer Studie an 96 Patienten zwischen sieben und 58 Jahren erfassten *Patel et al.* (1986) [103] die Durchschnittswinkel zwischen der Horizontalebene und jeweils dem Okklusalplanum (Verbindung zwischen dem Inzisalpunkt der Unterkieferfrontzähne und dem distobukkalen Höcker der ersten Unterkiefermolaren), der Camper'schen Ebene (Verbindung zwischen Spina nasalis anterior und Porus akustikus externus) und der Frankfurter Horizontalen. Es wurden mit einem speziellen Winkelmesser Variationsbreiten bis zu 14 ° zwischen den Probanden gemessen, was bei der Positionierung im Gerät und der Auswertung der Aufnahmen bedacht werden sollte.

Da die zentrale Schichtebene abhängig vom Gerätetypus unterschiedliche Dimensionen aufweisen kann, variieren dementsprechend auch die Werte für die Patientenpositionierung (*Heifetz* 1974) [54].

Düker (1992) [29] empfiehlt, den Patienten bei der Einstellung den Kopf nach vorne strecken zu lassen, um Überlagerungen der Wirbelkörper mit dem aufsteigenden Ast zu vermeiden. Dabei bleibt auch das Zungenbein unterhalb des Unterkieferrandes.

Die Intensität der Strahlung ist variierbar durch Veränderung der Stromstärke des Heizstromkreises (kV), die Wellenlänge und damit die Qualität der Strahlung ist abhängig von der Röhrenspannung (mA) der Röntgenröhre. Diese Faktoren sollten auf den Gerätetypus, auf die verwendeten Film-Folien-Systeme sowie auf die augenscheinliche Knochendicke des Patienten abgestimmt sein.

Bevor das Gerät nun in Betrieb genommen wird, postulieren *Pasler et al.* (2001) [103], den Patienten über den Bewegungsablauf des Gerätes zu informieren, um Bewegungen während des Aufnahmeverfahrens, welches bei den heutigen Geräten nach etwa 16 Sekunden beendet ist, weitgehend zu vermeiden.

2.4.3 Röntgenanatomie im OPG

Röntgenstrahlen können auf röntgenstrahlenempfindlichen Filmen sichtbar gemacht werden. Beim Durchtritt der Röntgenstrahlen durch einen Gewebeabschnitt erfährt sie in Abhängigkeit von der verschiedenen Dicke und Dichte der durchstrahlten Körpersubstanzen eine unterschiedlich starke Schwächung. Objekte mit geringerer Strahlenabsorption (z.B. Hohlräume) kommen bei der Entwicklung dunkel zur Darstellung, das heißt der Film wurde hier intensiv belichtet. Man bezeichnet darum und weil das Röntgenbild ein Negativ ist diese dunklen Bezirke als Aufhellungen. Objektteile mit verstärkter Absorption (z.B. Zahnschmelz und Knochen) werden entsprechend hell abgebildet und als Verschattungen benannt (*Ritter* 1988) [114].

Voraussetzung für eine systematische Befundung der Panoramaschichtaufnahme ist die Kenntnis der anatomischen Strukturen unter Berücksichtigung der aufnahmetechnischen Bedingungen. Die räumliche Vorstellung wird etwas erschwert, da eine gekrümmte Schicht in einer Ebene abgebildet wird, so dass in der Mitte des Bildes eine frontale und auf den Seiten eine laterale Ansicht des Gesichtsschädels erscheint (vgl. Abbildung 8, Seite II).

Neben den in der Schicht gelegenen Strukturen kommen auch Überlagerungen von Weichgeweben und lufthaltigen Räumen zur Darstellung, die sich besonders durch Dichteunterschiede des Knochens bemerkbar machen (*Düker* 1992) [29].

In Abhängigkeit von der Größe des Unterkiefers wird an den seitlichen Rändern der Aufnahme die Wirbelsäule angeschnitten. Der Processus styloideus kann sehr variabel ausgebildet sein. Es kommen alle Formen von einem kleinen Sporn bis hin zu einer Verknöcherung des Ligamentum stylohyoideus zum Cornu minus des Zungenbeins vor (*Monsour et al.* 1986) [83]. Der Processus mastoideus wird nur bei kurzem Unterkiefer hinter dem äußeren Gehörgang abgebildet.

Das Kiefergelenk stellt sich auf der Panoramaschichtaufnahme nur unvollständig dar. Das Capitulum beispielsweise ist nur durch einen geringen Spalt von der Gelenkpfanne getrennt, der röntgenologisch kaum auszumachen ist. Da die Aufnahme in den meisten Fällen nicht in habitueller Okklusion sondern bedingt durch den Bissblock mit leichter Sperrung vorgenommen wird, ist die Stellung der Gelenkköpfe in der Fossa articularis entsprechend nach anterior verlagert. Dennoch hält *Rottke* (1987) [117] es für möglich, Rückschlüsse auf etwaige seitendifferente Funktionsstörungen zu ziehen.

Der Unterkiefer ist im aufsteigenden Ast durch eine feinwabige Architektur, im Corpus mandibulae unterhalb der Molarenwurzeln durch eine lockere, wenig Strahlung absorbierende Spongiosa gekennzeichnet. Im Bereich des Kieferwinkels finden sich außerdem Überlagerungen resultierend aus der zweifachen Durchstrahlung des Unterkieferastes. Der filmferne Unterkieferast wird etwas kranialwärts und verwischt auf den filmnahen Kieferwinkel profiziert.

Der Mandibularkanal stellt sich durch ein Aufhellungsband innerhalb zweier Knochenlamellen dar, die vom Foramen mandibulae bis zum Kieferwinkel häufig gut zu erkennen sind. Während die kraniale Lamelle im weiteren Verlauf nicht mehr auszumachen ist, ist die kaudale meist durchgehend bis zum Foramen mentale, lokalisiert zwischen den Prämolaren einer Seite, zu sehen (*Düker* 1992) [29]. *Bonneau* (1985) [10] warnt vor der Gefahr, dieses versehentlich mit pathologischen Spongiosaräumen wie apikalen Parodontitiden zu verwechseln.

In den Frontzahnregionen ist die Inspektion der Zähne aufgrund des überlagernden Wirbelsäulenschattens erschwert (*Ritter* 1988) [114]. *Heifetz* (1974) [54] weist auf die Möglichkeit einiger Röntgengeräte hin, den Wirbelsäulenschatten mit einer kurzzeitigen Erhöhung der Exposition zum Zeitpunkt der Durchstrahlung der Wirbelsäule zu minimieren, macht aber gleichzeitig auf die damit verbundene Problematik aufmerksam. Diese Option kann nämlich im Fall von Patienten mit zierlichem Körperbau zu einer bandförmigen Überstrahlung und Filmschwärzung kommen.

Im dentoalveolären Bereich wird die Panoramaschichtaufnahme während der Befundung zunächst auf Zahnunter- und -überzahl sowie retinierte und verlagerte Zähne untersucht.

Danach erfolgt die Untersuchung der apikalen Regionen, die im Normalfall durch den durchgehenden Periodontalspalt, begrenzt von der Lamina dura, gekennzeichnet sind.

Im marginalen Parodontium ist der Arcus alveolaris von Bedeutung. Die Betrachtung der Zahnkronen schließt die Befunderhebung ab.

Die gewissenhafte Inspektion der Kieferhöhle ist obligat und liefert Hinweise auf pathologische Erscheinungen und nachbarschaftliche Beziehungen z.B. zu den Zahnwurzeln. Abbildung 9 auf Seite III gibt einen Überblick über die sichtbaren Strukturen, die hier zur leichteren Erkennung zusätzlich schematisch dargestellt sind.

2.4.4 Darstellung von Ausdehnungen und Grenzen der Kieferhöhlen im OPG

Die Panoramaschichtaufnahme ergibt eine laterale Zonographie der beiden Kieferhöhlen, wobei die rechte und die linke Seite separat abgebildet werden. Der Wert ihrer Darstellung zu diagnostischen Zwecken ist jedoch projektionsbedingt eingeschränkt (*Vuong et al.* 1979) [141]. So postulierten *Freitag et al.* (1988) [38], dass eine Röntgenuntersuchung der Kieferhöhlen die Anfertigung einer Nasenhöhlenübersicht (NNH) und Panoramaschichtaufnahme erfordere. Auch *Düker et al.* (1978) [30] unterstützten diese These, vor allem hinsichtlich odontogener Kieferhöhlenerkrankungen.

Der Vorteil der Panoramaschichtaufnahme in diesem Fall ist die durch keine andere Untersuchungsmethode übertroffene gleichzeitige Beurteilbarkeit der dentogenen Ursache und der Reaktion der Kieferhöhlenschleimhaut bzw. der Ausdehnung des Prozesses in die Kieferhöhle (*Düker et al. 1988*) [28]. In der Regel ist dieser am Boden der Kieferhöhle anzutreffen (*Freitag et al. 1988*) [38].

Die Panoramaschichtaufnahme ist jedoch bei der Diagnose und Beurteilung von Flüssigkeitsansammlungen und Weichteilschwellungen im Sinus maxillaris der im Sinne einer Summationsaufnahme projizierten NNH unterlegen. Einerseits liefert eine Zonographie für die Darstellung dieser Veränderung zu wenig Kontrast. Andererseits ist dieser Umstand durch das weiter lateral als der Zahnbogen gelegene Jochbein bedingt, das bei der zonographischen Entstehung partiell auf die Kieferhöhle projiziert wird und den Verlust an Transparenz zwischen Hinterwand und Linea innominata bewirkt. Den Untersuchungen von *Freitag et al. (1988)* [38] an 157 Patienten zufolge kam es bei Panoramaschichtaufnahmen unabhängig von der gewählten Projektion nur in weniger als der Hälfte der Fälle zur Wiedergabe solcher Verschattungen. Die ebenfalls zonographisch begründeten Verwischungseffekte gaben *Düker et al. (1988)* [28] besonders den Diagnostikern mit Nachdruck zu bedenken.

Deutlich sind auch die Ergebnisse eines Vergleichs zwischen der normalen Panoramaschichtaufnahme (OPG-N) und einer Sondereinstellung (OPG-S), bei der die zonographisch scharfe Schicht nicht durch die Zahnreihen, sondern durch die Kieferhöhlen und die Kiefergelenke geführt wird. In 77,6 % der Fälle ist der Boden der Kieferhöhle im OPG-N besser zu interpretieren als in der Spezialaufnahme. *Ohba et al. (1991)* [91] kommen hingegen nach ihren Versuchen zu gegenteiligen Ergebnissen, nach denen die Spezielle Sinus-Projektion zumindest an mazerierten Schädeln bessere Resultate ergeben soll.

Während die Abbildung des Bodens demnach vergleichsweise gut gelingt, sind andere Abgrenzungen und Strukturen der Kieferhöhle wegen der Projektionsbedingungen und der Überlagerungen im Mittelgesicht im OPG, verursacht durch die untere Nasenmuschel und die Zunge, oft nur schwer zu deuten.

Bereits 1964 zeigte *Jung* [65] mittels röntgenanatomischer Untersuchungen die Darstellung von Knochenwänden der Kieferhöhle auf verschiedenen Panoramaaufnahmen. Die von *Freitag et al.* (1988) [38] bereits oben erwähnte OPG-S-Technik liefert lediglich für die nasale (=mediale) Kieferhöhlenwand in mehr als zwei Dritteln (75,8 %) aller nachuntersuchten Aufnahmen bessere Ergebnisse.

Bei Röntgenaufnahmen gestaltet sich die Deutung eines dreidimensionalen Körpers oder in diesem Fall eines Hohlraumes naturgemäß schwierig. Nicht alleine die Erkennung der begrenzenden Linien und anatomischen Strukturmerkmale, sondern vielmehr deren Zuordnung im Raum stellt dabei häufig ein großes Problem dar. Dazu passend bemängelten *Ohba et al.* [92] noch 1975 die bis dato geringe Erforschung der Röntgenanatomie des Sinus maxillaris in Panoramascichtaufnahmen. Eine Reihe von Arbeiten verschiedener Autoren versuchte danach Klarheit und reproduzierbare Schlüsse zu finden.

Von *Katayama et al.* (1974) [67] wurde der Vorschlag gemacht, eine markante Knochenlinie im mesial-parallelen Verlauf zur dorsalen Begrenzung der Kieferhöhle als *Linea innominata* zu benennen. Sie entsteht durch den Anschnitt der dorsalen Fläche des Processus zygomaticus des Oberkiefers und weiter kranial durch den Processus frontalis des Jochbeins. Diese Struktur ist an sich zwar unwichtig, führte jedoch in früheren Zeiten zu Verwechslungen mit der Hinterwand. Bedeutung erfährt sie zudem, wenn pathologische Raumforderungen wie große Kieferhöhlenkarzinome mit Ausdehnung in den Recessus zygomaticus zu ihrer Auflösung in der Panoramascichtaufnahme führen. Gelegentlich wird der ganze Jochbeinpfiler angeschnitten und es kommt auch die vordere Wand des Processus zygomaticus zur Abbildung. Die in Erscheinung tretende Struktur entspricht dann dem V-förmigen Schatten auf den Zahnfilmaufnahmen der Molaren, der dort immer dann auftritt, wenn der Zentralstrahl sehr steil eingestellt wird.

Die kraniale Grenzlinie der Kieferhöhle bzw. des Orbitabodens projiziert sich auf der Panoramaaufnahme über den Infraorbitalrand. Im Gegensatz zu diesem ist sie jedoch kaum zu erkennen, besonders beim Übergang zu den Siebbeinzellen. Unterhalb des knöchernen Augenrandes kann das Foramen infraorbitale eventuell mit dem Verlauf des gleichnamigen

Nerven zu erkennen sein. Klinische und röntgenologische Wichtigkeit erhält diese Region bei iatrogen verschleppten Objekten wie überstopftem Wurzelkanalfüllmaterial oder Wurzelresten.

Zwei horizontal in unterschiedlicher Distanz zum Kieferhöhlenboden verlaufende Linien sind als Additionseffekte außerhalb der Schicht gelegener Strukturen zu erklären. Dabei ist die kraniale die Abbildung der unvollständigen Verwischung des Nasenbodens am Übergang zum Septum und die kaudale die des harten Gaumens.

Auch die Concha nasalis inferior kann durch Überlagerungen der Kieferhöhle sowohl medial als auch lateral für Verwirrung sorgen. Ebenso wie bei der meistens dem Gaumen anliegenden Zunge ist der Weichgewebsanteil der Muschel hier der Grund der Erschwernis.

Ohba et al. (1975) [92] untersuchten Überlagerungseffekte in Panoramaaufnahmen besonders für die anteriore, posteriore und mediale Wand. Um weitere Erkenntnisse darüber zu erlangen, forderten sie weitere Studien, die einige Jahre später vorlagen.

Röntgenopakes zahnärztliches Füllmaterial platzierten *Perez* et al. (1988) [105] in Schädeln im Bereich der Kieferhöhlen. Der Vergleich zwischen fünf verschiedenen Röntgentechniken ergab für das OPG-Verfahren aufgrund von Verzerrungen und der Notwendigkeit bzw. der Zufälligkeit des exakt im Strahlengang positionierten Markers schlechte Noten für die praktische Anwendung.

Mit Hilfe von schattengebenden Markierungen untersuchten *Düker* et al. (1988) [28] die Ausdehnung der Kieferhöhle bzw. deren Darstellung im Panoramaschichtbild. Dazu platzierten sie nummerierte metallische Kugeln an definierten äußersten Punkten des Sinus eines mazerierten Schädels. Mit einem vergleichbaren Versuchsaufbau stellten *Ohba* et al. (1991) [91] verschiedene Positionen des Schädels zu den Rotationszentren des Röntgengerätes dar. Bleibuchstaben an bestimmten Eckpunkten der Kieferhöhle zeigten die mögliche bessere Erkennbarkeit der posterioren Wand in Abhängigkeit vom Projektionswinkel.

Eine ähnliche Studie fertigten *Monsour* et al. (1991) [82] aus Gründen der steigenden Beliebtheit der OPG-Bilder bei Zahnärzten an, die sie mit dem großen entstehenden Bild, der vergleichsweise geringen Strahlenbelastung sowie der einfachen Handhabung der Technik

begründen. Neben dem Nachteil der anatomisch nicht korrekten Wiedergabe sahen sie besonders die Überlagerungen der Nasennebenhöhle als wichtigen Nachteil an. Letztlich soll eine definierte Abweichung von der Standardposition im Gerät die anteriore Wand klarer zeigen.

Die Sichtbarkeit strahlendichter Kennzeichnungen und ihre Zuweisung zu anatomischen Strukturen führte zu der Frage, wie sich Defekte in den knöchernen Begrenzungslinien wiederfinden und zuordnen lassen. Deshalb legten *Ohba et al.* (1994) [97] in ihrem Experiment künstliche Läsionen mit einem Durchmesser von 10 mm an definierten Punkten des jeweils rechten Sinus maxillaris von mazerierten Schädeln an, die pathologische Prozesse imitierten. Die fehlende Erkennbarkeit der Artefakte in der posterioren Wand, insbesondere im mittleren Drittel, führte zu dem Schluss, niemals eine Röntgendiagnose zu diesem Zweck allein auf ein OPG zu stützen. Als geeigneter wurden CT- und Magnetresonanztomographie- (MRT-) Methoden empfohlen. Die Computertomographie (CT) betreffend kamen *Perez et al.* bereits 1988 zum gleichen Resultat.

Die Extension der Kieferhöhlen fand jedoch auch aus anderen Blickwinkeln Interesse. So liegen sowohl über Anlagevarianten als auch über die Möglichkeiten zur sekundären Ausdehnung Berichte vor.

Eine ungewöhnlich weit nach kaudal reichende Vorwölbung bis in den Bereich der Zahnkrone des zweiten Milchmolaren bei Nichtanlage des permanenten Zahnes beschrieben *Francis et al.* (1969) [37].

Weit nach antero-medial über die Prämolarenregion hinaus dehnte sich eine Kieferhöhle aus, die *Godfrey* [40] im Jahr 1974 in seinem Patientengut bemerkte. Anlässlich einer Wurzelkanalbehandlung entdeckte er den Boden der Kieferhöhle in Höhe des seitlichen Schneidezahnes.

Oktay (1992) [98] überprüfte anhand von 189 Orthopantomogrammen die Kieferhöhlenabmessungen auf eine Abhängigkeit vom Geschlecht und verschiedenen Formen der Malokklusion. Signifikante Auswirkungen beider Faktoren konnte er nicht bemerken.

Mit Variationsmöglichkeiten einer anderen Art befassten sich *Krennmair et al.* (1997) [69]. Sie untersuchten Septen in 265 Kieferhöhlen hinsichtlich der Häufigkeit ihres Vorkommnes,

ihre Morphologie und klinischen Bedeutung. Dabei unterschieden sie kongenitale (primäre) von erworbenen (sekundären) Septen. Knochenleisten der ersten Gruppe fanden sich generalisiert, vor allem aber am Boden und der Sinusvorderwand. Die im Lauf des Lebens hinzugekommenen Vorsprünge seien vor allem durch die geringere Höhe zu unterscheiden. Die Inzidenz aller Septen lag in dieser Studie bei ca. 44 % und damit zwischen früheren Forschungsergebnissen von *Betts et al.* (1994) [5] (20 %), *Ulm et al.* (1995) [138] (31,7 %), *Underwood* (1910) [139] (33 %) sowie *Jensen et al.* (1992) [63] mit 57,7 %.

Klinische Relevanz erhalten diese größtenteils unvollständigen Trennwände vor allem bei operativen Eingriffen wie zahnärztlich-chirurgischen Implantationen. In sekundären Septen sahen *Krennmair et al.* (1997) [69] die Folge von Zahnverlust und Atrophie des knöchernen Alveolarkamms.

Der intraindividuelle Vergleich von Orthopantomogrammen diente *Wehrbein et al.* (1992) [148] als Methode zur Kontrolle einer potentiellen intravitalen Volumenzunahme der Kieferhöhle. Sie postulierten diese als Folge nach Extraktionen von Oberkieferseitenzähnen. *Wehrbein et al.* (1990) [147] selbst wie auch *Pfyffer* [106] schon 1951 hatten in Einzeldokumentationen den Verdacht geäußert, dass es nach Zahnverlust im lateralen Oberkieferbereich zu einer fortschreitenden Pneumatisation der basalen Kieferhöhle mit der Ausbildung von Rezessus kommen könne. Im Jahr 1992 gelang ersteren dazu der Nachweis, wobei sie nach Entfernung von Molaren eine höhere Pneumatisationstendenz als bei Prämolaren beobachteten. Zusätzlich stellten sie einen Zusammenhang mit einer prätherapeutisch bereits manifesten Ausdehnung fest.

Eine eindeutige Ursache für diese Entwicklungsmöglichkeit ist bislang nicht gefunden worden. Verschiedene Hypothesen versuchten die Ätiologie zu klären. *Reschreiter* (1975) [108] erklärte eine genetische Disposition zum Hauptgrund, *Blumenstein* (1963) [6] und *Eckel* (1963) [31] hingegen diverse Wachstumsvorgänge, während *Pfyffer* (1951) [106] Weilungs- und Resorptionsprozesse verantwortlich machte. *Wehrbein et al.* (1992) [148] selbst fügten noch die Vermutung hinzu, auch respirationsabhängige, intermittierende Druckdifferenzen, die z. B. durch sportliche Betätigung gegeben sind, könnten Einflüsse geltend machen.

Zu einem konträren Ergebnis gelangten *Ohba et al.* (2001) [96] in ihrer Studie. Bei einer Analyse von 77 Panoramaschichtaufnahmen stellten sie keine bedeutsamen Unterschiede

zwischen bezahnten und zahnlosen Patienten fest. Statistisch ergab sich lediglich im Vergleich zur Gegenseite größere linke Kieferhöhle. Kausale Erklärungen seien in dem eventuell linkseitig eher erfolgenden Zahnverlust oder in einer möglichen Hauptlast dieser Hälfte beim Kauen zu sehen. Die Ergebnisse dieser Arbeit sollten jedoch zurückhaltend bewertet werden, da der Vergleich einer bezahnten Population hinsichtlich metrischer signifikanter Differenzen methodisch zweifelhaft erscheint. Die Betrachtung eines Individuums im noch bezahnten und sekundär zahnlosen Zustand erscheint hingegen sinnvoller. Vielleicht waren ähnliche Einwände der Grund für die Autoren, selbst weiteren Klärungsbedarf für diese Probleme zu sehen.

2.4.5 OPG manifeste Erkrankungen der Kieferhöhlen

Die Anatomie und die Topographie der Kieferhöhlen bedingen Krankheitsbilder, die oft mittels bildgebender Verfahren dargestellt und diagnostiziert werden können.

Durch den spaltförmigen Hiatus semilunaris unter der mittleren Nasenmuschel ist die Nasenhaupthöhle mit der Kieferhöhle verbunden. Diese relativ ungünstige Lage des Ostiums nahe dem Kieferhöhlendach, seine Lage in der Enge unter der mittleren Muschel sowie dessen funktionelle Einheit mit der Öffnung zur Stirnhöhle und des anterioren Siebbeins sind für die gegenseitigen Wechselwirkungen pathologischer Geschehen (*Jaumann et al. 1978*) [62] in einem dieser Bereiche verantwortlich (*Messerklinger 1987*) [80].

Sowohl das Ostium des Sinus maxillaris als auch das anteriore Os ethmoidale und der Sinus frontalis münden in das Infundibulum. Bei Verlegung dieser ostio-meatalen Einheit droht eine rhinogene Sinusitis maxillaris. Die Öffnung des Hiatus semilunaris weist eine durchschnittliche Distanz von 2,4 mm bei einer Variation von 1 bis 6 mm und eine Durchtrittsfläche von 4 bis 5 mm² auf. Es ist der stör anfälligste Teil des Systems der Nasennebenhöhlen (*Weerda 1988*) [146]. Da jedoch dieses Ostium gleichzeitig für die Ventilation und für die Drainage per mukoziliarem Abtransport wichtig ist, ergeben sich bei

Störungen dieser Funktion patho-physiologische Probleme. Eine verschlossene Öffnung des Ostiums beendet Ventilation und Drainage und führt zu Sekretstau und zur Milieuveränderung. Zunächst ubiquitäre Keime werden pathogen, es kommt zur Entzündung und zu einer Dickenzunahme der Schleimhaut. Die daraus resultierende Verengung des Ostiums schließt den Kreis (*Naumann* 1986) [85]. Insgesamt machen die rhinogenen Erkrankungen der Kieferhöhle mit etwa 80 % den weitaus größten Anteil der Gesamterkrankungen dieses Organs aus (*Weerda* 1988) [146].

Aufgrund des relativ häufig im OPG anzutreffenden Befundes zystischer Veränderungen weisen einige Autoren auf die Dringlichkeit zur diesbezüglichen Kontrolle der Kieferhöhlenabbildung hin. *Soikkonen* et al. (1995) [130] stellten für Mukosazysten in Kieferhöhlen bei unbezahnten Oberkiefern eine Prävalenz von 7 % fest. Diese treten nach *Bohay* et al. (1997) [8] am häufigsten in der dritten Lebensdekade auf und betreffen Männer etwa doppelt so oft wie Frauen. Als häufigste Lokalisation machten sie den Boden der Kieferhöhle aus, wobei differentialdiagnostisch an einen Polyp oder eine Mukozele gedacht werden sollte. Dabei umschreibt der Begriff Mukozele eine expansive, gutartige Schwellung, die sich histologisch als Schleimansammlung in einem zystischen Hohlraum erklärt. Sie findet sich seltener in der Kieferhöhle als in den Sinus von Siebbein oder Stirnbein und ihre Unterscheidung von anderen Zystentypen oder Neoplasien gestaltet sich präoperativ schwierig (*Casamassimo* et al. 1980) [19]. *Halstead* et al. (1973) [49] untersuchten die Entstehungsweise von Mukozelen und postulierten dafür multiple Mechanismen. Auch hier bietet jedoch ein OPG gute Möglichkeiten zur Diagnosesicherung (*Barsley* et al. 1984) [3]. Diffiziler stellt sich das Problem bei tumorösen Raumforderungen dar. *Ohba* et al. (1993) [94] erforschten in ihrer OPG-Studie die Erkennbarkeit von Karzinomen in Abhängigkeit von deren Lokalisation. Demnach sind Karzinome am Boden von Nasenhöhle und Kieferhöhle gut, in den anderen Wänden aber nicht zu erkennen.

Dennoch empfahlen *Nortjé* et al. (1979) [88] die routinemäßige Herstellung von Orthopantomogrammen zur Früherkennung der wahrnehmbaren Veränderungen. Gleiches rieten *Caton* et al. (1973) [20] nach ihrer ungewöhnlichen Entdeckung eines komplexen Odontoms in einer Kieferhöhle bei klinischem Fehlen eines Weisheitszahnes. Ebenso konnten

Di Felice et al. (1995) [22] über den seltenen Fund eines dritten Molaren in einer Kieferhöhle berichten. Sie vermuteten zukünftig häufigere derartige Fallschilderungen wegen der zunehmenden Bedeutung und Anwendung der OPG-Technik. *Mainous et al.* (1973) [77] erhielten durch die im OPG dargestellte apikale Aufhellung eines oberen Weisheitszahnes einen ersten Anhaltspunkt für ein wenig differenziertes Lymphoepitheliom.

Auf den kombinierten Befund eines Osteoms mit einem retinierten Zahn in der Wand eines Sinus maxillaris wiesen *Namyslowski et al.* (1995) [84] hin.

Auch Steinbildungen vermögen das Bild einer Kieferhöhle zu verändern. *Jain et al.* (1982) [61] unterschieden dabei zunächst echte von unechten Antrolithen. Während die ersten aus einem endogenen Keim, z. B. Blut oder Pus, entstehen, bilden beispielsweise Wurzelreste den exogenen Keim. Wenn auch *Brown et al.* (2002) [15] ihr Vorkommen als selten einschätzte und eine kontinuierliche radiologische Beobachtung als Therapie der Wahl empfahl, so sei dennoch die differentialdiagnostische Abgrenzung gegenüber Odontomen, Zementomen, Osteomen, Knochenzysten, Rhinolithen, überzähligen Zähnen, Knochenvorsprüngen und Exostosen unabdingbar.

Die korrekte radiologische Diagnose letztgenannter harmloser Veränderungen im OPG hielten *Ohba et al.* (1993) [94] zur Vermeidung unnötiger Eingriffe für angezeigt. In ihrer Studie entdeckten sie am Boden der Kieferhöhle in 55 % der Fälle derartige Befunde.

Die Bedeutung des OPG innerhalb der Röntgendiagnostik von Exostosen unterstrich auch *Herd* (1974) [54] zur Differenzierung von echten, behandlungsbedürftigen Befunden.

Das Orthopantomogramm ist zwar keine typische Aufnahme der Nasennebenhöhlen, zeigt jedoch im oberen Bildanteil regelmäßig das basale Drittel bis zu den unteren zwei Dritteln des Sinus. Zahnärzte sind somit aufgefordert, das gesamte Röntgenbild nach etwaigen pathologischen Veränderungen abzusuchen (*Barsley et al.* 1984) [3], um eventuelle Nebenbefunde auch im Bereich der Hohlräume oberhalb des stomatognathen Systems zu entdecken und möglichst frühzeitig weiteren fachärztlichen Maßnahmen zuzuführen (*Nortjé et al.* 1979) [88]. Die Chance zur (Früh-) Erkennung möglicherweise klinisch bislang „stumme“ Veränderungen ist umso bedeutsamer, da Orthopantomogramme in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen (*Schulz et al.* 1987) [127] und dementsprechend eine weite Verbreitung gefunden haben.

Schon 1966 erkannte *Updegrave* [140] diese Zusammenhänge und erwähnte besonders die vergleichsweise geringe Belastung durch Röntgenstrahlen und die einfache OPG-Herstellung, die nahezu immer Anwendung finden könne. Nur einen einzigen, zudem ungewöhnlichen Fall, in dem das nach einer Gewalttat im fazialen Kieferhöhlenbereich inkorporierte Messer eine OPG-Anfertigung verhinderte, konnte er erwähnen.

Eine kuriose Schilderung einer geisterhaften Verschattung beider Kieferhöhlen in einem OPG gaben *Higashi et al.* (1999) [58]. So ergab die Abbildung 22 Jahre nach einer Schussverletzung verwischte Radioopazitäten in diesen Bereichen, die mittels weiterer Röntgenaufnahmen als Patrone in der Nasenhaupthöhle erkannt werden konnte.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Untersuchungsmaterial

Das Bemühen der Ermittlungsbehörden, Untersuchungen zur Identität innerhalb kürzester Zeit durchzuführen, lässt den Rechtsmediziner nach Merkmalen suchen, die postmortal stabil sind, eine hohe Individualspezifität aufweisen sowie in großen Teilen der Bevölkerung bereits zu Lebzeiten dokumentiert wurden und somit als Vergleichsmaterial nach dem Tode zur Verfügung stehen (*Benthaus* 1997) [4].

Die Beweiskraft eines Röntgenbildes ist dabei umso höher, je mehr Details übereinstimmen und je seltener die beobachteten Merkmale sind (*Leopold* 1998) [74].

In der vorliegenden Arbeit wurde die Kieferhöhle, wie sie im Orthopantomogramm (OPG) mit ihrer knöchernen Begrenzung dargestellt wird, auf ihre Individualität untersucht. Besonderes Augenmerk galt dabei der Frage, inwieweit sich die Kieferhöhle anhand dieses Dokuments zu Identifizierungszwecken verstorbener Personen heranziehen lässt.

In der Praxis werden von der Leiche Röntgenaufnahmen angefertigt und mit antemortem-Aufnahmen verglichen, sofern diese vorhanden und zu erhalten sind.

Da die Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen eine rechtfertigende Indikation voraussetzt und nicht ohne weiteres zu Forschungszwecken eingesetzt werden darf, musste die Anfertigung von OPG-Aufnahmen an Freiwilligen unterbleiben. Das beschriebene Vorgehen der Rechtsmediziner wurde simuliert, indem zwei oder mehrere bereits existierende OPG einer Person zur Untersuchung gelangten.

Die Dokumente stammen aus dem Patientengut der verschiedenen Polikliniken der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des Universitätsklinikums Münster und sollten folgende Bedingungen erfüllen:

1. willkürliche und unvoreingenommene Auswahl
2. mindestens zwei vorhandene OPG der selben Person.

Um tatsächlich eine zufällige und seitens des UKM-Personals möglicherweise gutgemeinte Vorauswahl zu verhindern, führten wir die Auswahl der Dokumente eigenhändig durch. Die Präsenz von mindestens zwei OPG-Bildern je Patient bildete in dieser Phase das einzige Selektionskriterium.

Die Patientenakten sind in den Dokumentenregistern der Abteilungen alphabetisch sortiert, so dass jeweils bei dem Buchstaben A beginnend jene Akten, die der oben angeführten zweiten Bedingung entsprachen, in die Untersuchung einbezogen wurden. Dabei befinden sich die OPG in Röntgenmappen in der Patientenhauptakte, auf denen die Bezeichnungen der unternommenen Röntgenaufnahmen mit den Patientendaten und dem jeweiligen Aufnahmedatum schriftlich festgehalten sind.

Der Untersuchung wurden OPG aus 204 Patientenakten zugeführt. Sie stammten von 91 weiblichen und 113 männlichen Patienten. Die Altersspanne der Patienten reicht vom sechsten bis zum 81. Lebensjahr, gerechnet bis zum jeweiligen Einstellungstag des OPG, mit einem ermittelten Häufigkeitsschwerpunkt um das 35. Lebensjahr (Abb. 1).

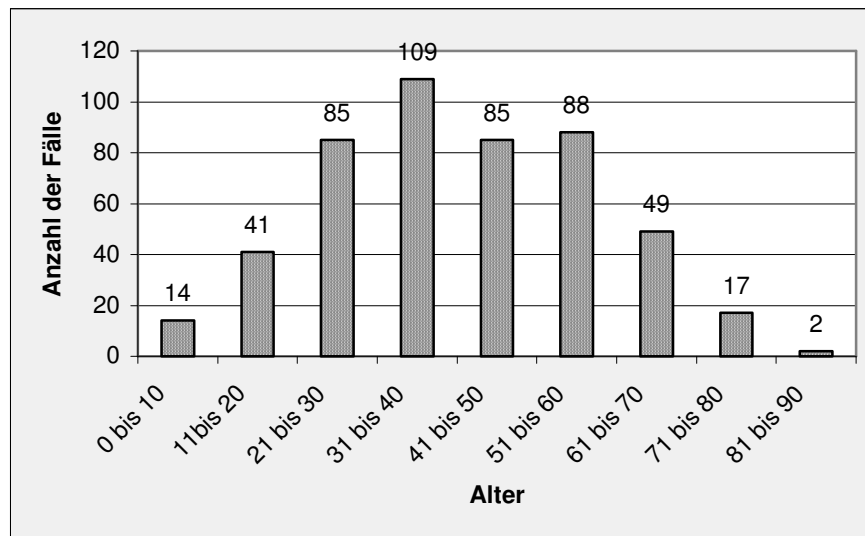


ABBILDUNG 1: Altersstruktur im Patientengut

Da pro Patient zwischen zwei und fünf OPG ausgewertet wurden, kann das Alter eines Patienten zum Zeitpunkt der Aufnahme auch mehrmals in diese Wertung eingehen.

So ist hier $n =$ der Anzahl der Aufnahmen (490)

Da pro Akte zumeist auf zwei, aber auch auf bis zu fünf Aufnahmen zurückzugreifen war, lagen uns insgesamt 490 OPG vor. Dies spiegelt wieder, was auch im Falle eines Masseneinglücks auf den Gerichtsmediziner zukommt – eine hohe Anzahl an Opfern und im Einzelfall sogar mehrere zur Verfügung stehende Vergleichsaufnahmen (Abb. 2).

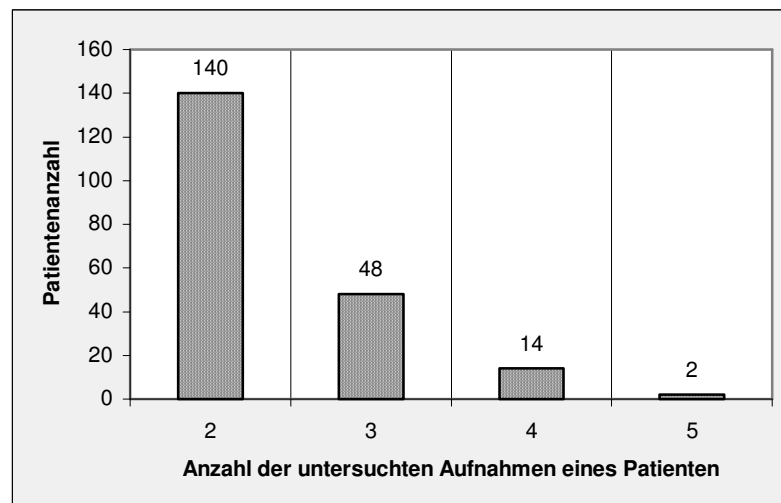


ABBILDUNG 2: Anzahl der Aufnahmen pro Patient

Die unterschiedlichen Zeitdifferenzen zwischen den zu vergleichenden Aufnahmen eines Patienten und deren Verteilung ist in Abb. 3 dargestellt. Sie betrug im Fall des geringsten Abstandes 2 Tage, im Fall des größten Aufnahmeabstandes 24 Jahre.

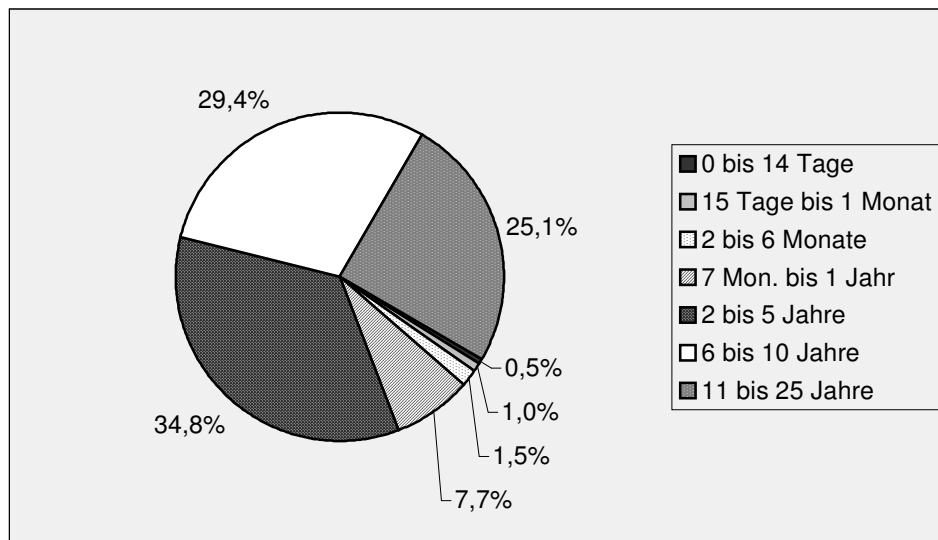


ABBILDUNG 3: *Prozentuale Häufigkeit der Zeitdifferenz zwischen den Aufnahmen*

Wie in der Realität standen uns Vergleichsaufnahmen zur Verfügung, deren Produktionsdatum zum Teil sehr lange zurücklag, was zum einen Einfluss auf die Qualität hat und zum anderen die untersuchte Region zum Zeitpunkt eines geringeren Lebensalters des Patienten wiedergibt. In das Untersuchungsgut gelangten Aufnahmen aus den Jahren 1974 bis 2001. In diesem Zeitraum waren in der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des Universitätsklinikums Münster folgende Panoramaschichtaufnahmegeräte im Einsatz:

<i>Zeitraum</i>	<i>Gerät</i>
1972 bis 1988	Siemens OP 3
1979 bis 1989	Siemens OP 5
1980 bis 1985	S.S. White Panorex
1985 bis 1992	Siemens OP 10
ab 1988	Philips Oralix FD
1990 bis 2002	Philips Oralix SD
ab 1992	Morita Panex AC
ab 1992	Siemens Orthophos +

TABELLE 1: *Orthopantomographen der Zahnklinik Münster von 1972 bis heute*

3.1.2 Übertragung der Daten

Als Übersichtsaufnahme liefern Orthopantomogramme eine fast unzählige Vielfalt an Informationen. Bedingt durch die Projektion des Zentralstrahls um Rotationsachsen kommen zahlreiche Summationen und Überlagerungen zustande. Somit ergibt sich bei der Betrachtung eines OPG häufig die Schwierigkeit, die Abbildung der jeweils interessierenden Struktur zu erkennen und gedanklich aus dem Kontext zu lösen. Diese Filterung erlaubt dann eine gezielte Interpretation und deren Beurteilung.

Ein mobiles Röntgenbildbetrachtungsgerät der Firma *Siemens*, Deutschland und eine Röntgenbildlupe des Herstellers *X-Produkte*, Malmö/Schweden dienten der beim Ansehen von Röntgenaufnahmen obligatem gleichmäßigen Beleuchtung bzw. leichteren Erkennung von Details.

Zur Kalibrierung und anschließenden möglichst exakten Bestimmung der relevanten Strukturen werteten zunächst zwei Untersucher mit den genannten Hilfsmitteln jedes der 490

OPG in einem einfachen Blindvergleich aus. Dabei galt das Hauptaugenmerk der basalen Begrenzung des Sinus maxillaris (vgl. Abbildung 10, Seite IV). Für unsere Untersuchung definierten wir den Abschnitt zwischen zwei Punkten, von denen an die Knochenlinie über eine Strecke $>$ oder $= 2\text{cm}$ senkrecht oder diagonal nach kranial verlief, als relevanten und miteinander vergleichbaren Bereich.

Die Transferierung der Daten sollte möglichst einfach, mit wenig Aufwand durchzuführen und reproduzierbar sein.

Daher übertrugen wir den insgesamt nach kaudal konvexen Kieferhöhlenboden mit einem Faserstift der Marke *Stabilo* „OHPen universal, permanent“ der Stärke 0,5 mm in schwarzer Farbe auf eine farblose, transparente Folie mit den Maßen 21 cm x 29,7 cm (entspricht DIN A 4) des Herstellers *Geha*, Garbsen/Deutschland. Die an einer Längsseite anheftungstypische Lochstanzung passte exakt zu einer Schiene mit zwei kurzen Metallzapfen, die eine reproduzierbare Arretierung von Röntgenbild und aufgelegter Übertragungsfolie gewährleisteten. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Buchstabe „L“, welcher auf jeder Panoramaschichtaufnahme die linke Seite des Patienten anzeigt, rechts zu liegen kam. Der Betrachter blickt bei der Auswertung dieses Röntgenbildes üblicherweise auf das „Gesicht des Patienten“.

Die Folie wurde in der linken unteren Ecke mit dem Patientenaufkleber versehen, der mit Name, Vorname und Geburtsdatum des Patienten hinreichende Informationen zur Identität liefert.

Vor dem Abfahren der knöchernen Kieferhöhlenbegrenzung übertrugen wir die Position der im OPG fast kreuzförmig erscheinenden Spina nasalis anterior ebenfalls mit einem Kreuz auf die Folie. Dieses Vorgehen sollte dazu dienen, im Falle eines Fehlers beim Kopieren der Knochenkontur oder des versehentlichen Mobilisierens von Aufnahme oder Folie, diese Fehler korrigieren zu können, indem das Röntgenbild und die Folie mit Hilfe der beschriebenen Dreipunktstützung repositioniert werden.

An deren rechten Rand gaben wir das Datum der jeweiligen Aufnahme an, welches sowohl auf der Röntgenmappe als auch auf der Aufnahme selber abzulesen ist.

Beginnend mit der rechten Begrenzung des rechten Sinus, die wie in Kapitel 2.4.4 beschrieben die Hinterwand der Kieferhöhle wiedergibt, übertrugen wir die knöcherne Begrenzung beider Sinus systematisch auf die Folie (vgl. Abb. 10, Seite IV).

Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass die untersuchte Röntgenaufnahme und der Patientenaufkleber auf der Folie die gleichen Daten zur Person aufwiesen. So konnte es nicht im Vorfeld schon zu einer versehentlichen Vertauschung von Identitäten kommen, wie dies beispielsweise passieren könnte, wenn zuvor eine Röntgenaufnahme in die falsche Akte einsortiert wurde.

Beinhaltete eine Patientenakte mehr als zwei OPG, so war der Vorgang für jedes Bild wie beschrieben, so dass uns schließlich 490 Folien vorlagen.

In insgesamt sieben Fällen lagen uns Aufnahmen vor, die nur eine Seite des Schädels abbilden. Dies geschieht um den Patienten bei gegebener Indikation, z.B. zur postoperativen Kontrolle, vor unnötiger Strahlenexposition zu schützen. Dementsprechend lag uns in diesen Fällen nur eine Kieferhöhle und folglich 50 % des Informationsgehaltes vor.

Direkt im Anschluss an das Kopieren der Knochenkontur notierten wir im Oberkiefer fehlende, retinierte, sich im Durchbruch befindliche Zähne sowie Implantate in eine Liste, die ebenfalls den o.g. Patientenaufkleber und das Aufnahmedatum enthielt, um im Anschluss einen eventuellen Zusammenhang dieser Befunde mit einer Veränderung der knöchernen Kieferhöhlenbegrenzung zu untersuchen. Füllungen und andere konservierende Eingriffe, die auf dem Röntgenbild auszumachen waren, erschienen uns im Hinblick auf die Fragestellung unbedeutend.

Nachdem zunächst also die aussagekräftigen Daten übertragen und somit gesichert wurden, galt es nun, diese einem objektiven Vergleich zuzuführen. Während *Kirk et al. (2002)* [68] und *Ribeiro (2000)* [109] metrische Vergleiche von Röntgenaufnahmen der Sinus frontalis auf p-a (posterior-anterior) Schädelaufnahmen erfolgreich vornehmen konnten, misslingt diese Vorgehensweise im Fall des OPG: Strecken- und Winkelmessungen konnten in unserem Fall nicht vorgenommen werden, da wie in einer Untersuchung von *Wyatt et al. (1995)* [151] gezeigt wurde, in einer Panoramaschichtaufnahme nur die Abschätzung und keinesfalls die Messung von Dimensionen und Winkeln möglich ist. Die Autoren maßen an einem OPG

Winkel und Längen von Drähten, die an Acrylschädeln die Zahnwurzeln repräsentierten. Eine ähnliche Untersuchung nahmen *Stramotas et al.* (2002) [136] vor, die zu dem Ergebnis kamen, dass eine Strecken- und Winkelmessung möglich sei, sofern die Schädelpositionierung äußerst sorgfältig erfolge und die Untersucher sich des Vergrößerungsphänomens der Aufnahme bewusst seien. Da im Identifikationsfall kein Einfluss auf die Patientenpositionierung für die antemortem-Aufnahme genommen werden kann, ist die Aussage von *Stramotas et al.* für unsere Untersuchung belanglos.

Die Streckenmessung ist in den Augen von *Wakoh et al.* (1991) [143] deswegen ungenau, da es bei dieser Aufnahmetechnik zu einer unvermeidbaren Verzerrung resultierend aus den für die Horizontale und die Vertikale unterschiedlichen Vergrößerungsfaktoren kommt. Die Falschdarstellung von Winkeln entsteht ebenfalls durch die kombinierten horizontalen und vertikalen Vergrößerungsfaktoren abhängig von der Position und der Tiefe des Objektes innerhalb der Schichtebene.

Aus dem selben Grund, nämlich der Abgängigkeit der Vergrößerung von der Schädelpositionierung im Gerät wie aber auch vom Gerätetyp, ist die Anwendung von Quotienten, beispielsweise aus den Breiten der rechten und linken abgebildeten Kieferhöhle, nicht aussagekräftig. Einen weiteren Grund, der gegen die Quotientenbildung spricht, wird in einer Untersuchung von *Browne* (1984) [16] deutlich. Er hat beobachtet, dass eine Bewegung des Patienten, realistisch ist dies natürlich in der Praxis nur an den antemortem-Aufnahmen, zu einer deutlichen Verzerrung nur des Objektbereiches führt, der sich im Moment der Bewegung zwischen primärer und sekundärer Schlitzblende befindet. Dieser während der Rotation des Gerätes sehr schmale vertikale Streifen misst am Austrittspunkt aus der Blende nur wenige Millimeter (*Endris* 1979) [32].

Eine Computerunterstützte Abgleichung der Aufnahmen nach deren Einscannen, vergleichbar mit dem Vorgehen in der Daktyloskopie, erschien uns nicht als praktikabel, da diese Methode mit relativ hohem technischen Aufwand verbunden ist. Außerdem birgt die Möglichkeit, die genannten Vergrößerungs- und Verzerrungsphänomene durch den Computer auszugleichen und damit aber auch die Darstellung der Kieferhöhle zu manipulieren, die Gefahr einer

Vielzahl falsch positiver Identitätsübereinstimmungen, indem ähnlich geformte Kieferhöhlen zur Deckung gebracht werden können.

Nach umfangreichen Überlegungen schien ein objektiver Vergleich einzig anhand der strukturellen Besonderheiten des Sinus maxillaris möglich zu sein. Dieses sind die zumeist unvollständigen Knochenwände sowie der teils wellenförmige Verlauf des Kieferhöhlenbodens. *Krennmair et al. (1997) [69]* unterteilen die Strukturen anhand ihrer Ätiologie in kongenitale („primäre“) Septen und in durch Zahnverlust, Atrophie oder Pathologie erworbene („sekundäre“) Septen und weisen damit auf die Vielgestaltigkeit dieser Region hin.

Da auf einem Röntgenbild als zweidimensionale Abbildung dreidimensionaler Objekte nicht genau festzustellen ist, welcher körperlichen Form diese Strukturen zuzuordnen sind, wurden sie in ihrer Abbildung genau definiert, um im Falle mehrerer Betrachter eine reproduzierbare Einteilung nach „Winkel“ und „Welle“ zu ermöglichen.

- Definitionsgemäß handelt es sich um eine Spitze, wenn die auf- und absteigenden röntgendichten Linien der kaudalen Kieferhöhlenbegrenzung oder deren optische Verlängerungen einen Winkel $<$ oder $= 90^\circ$ einschließen
- Es handelt sich um eine Welle, wenn dieser Winkel $> 90^\circ$ ist.

Diese Definitionen sind insofern von Bedeutung, als unterschiedliche zentrale Schichtebenen der Geräte und unterschiedliche Positionierungen des Patienten eine veränderte Darstellung derselben knöchernen Struktur zur Folge haben können. So ist also ein eher flacher Knochenvorsprung als eine Welle anzusehen, auch wenn in der Abbildung die auf- und die absteigende Linie eben nicht in einer Konvexität ineinander übergehen, sondern stumpfwinkelig aufeinandertreffen.

Es wurden ausschließlich jene Strukturen in die Untersuchung einbezogen, die in das Lumen der Kieferhöhle hineinragen.

Damit tatsächlich nur anhand dieser Merkmale der Versuch einer Zuordnung vorgenommen wurde und wir aus oben genannten Gründen nicht von anderen Auffälligkeiten wie von Größe und Form der Kieferhöhle oder sogar durch den Patientenaufkleber beeinflusst werden

konnten, erschien es uns sinnvoll, den Vergleich der Knochenkonturen nicht direkt an den Folien vorzunehmen. Stattdessen wurden die Identitätsmerkmale, nämlich die Spitzen und Wellen des Kieferhöhlenbodens, als stilisierte aber eindeutige Zeichen auf je eine Karteikarte der Firma *Brunnen* transformiert (vgl. Abb. 10, Seite IV). Die Kombination aus der Anzahl und Reihenfolge der Signatur sollte einen aussagekräftigen Hinweis zur Identitätsbestimmung liefern. Mit Hilfe dieser Signaturen war zudem ein objektiver, unbeeinflusster und nicht manipulierbarer Vergleich der Kieferhöhlen möglich, da nun jegliche Möglichkeit des Wiedererkennens nach dem Durchzeichnen oder anhand des Patientenaufklebers ausgeschaltet war.

Diese Dokumentation geschah wiederum systematisch beginnend am rechten Rand der rechten Kieferhöhle, auf der Karte also von links nach rechts. Um auf den Befundkarten die Zeichen der rechten von den Zeichen der linken Kieferhöhle eindeutig abzugrenzen, trennten wir beide Seiten optisch durch das gleiche Kreuz, welches auf der Folie die Position der Spina nasalis anterior wiedergibt. Beinhaltete eine Kieferhöhle keine strukturelle Besonderheit, blieb entsprechend die linke oder rechte Hälfte auf der Befundkarte unbeschriftet. Im Fall der nur halbseitig belichteten Aufnahmen kennzeichnete ein „Minus“ (-) die ungeschwärzte Seite des Röntgenfilms.

3.1.3 Kennzeichnung der Befundkarten

Nach der Datenerhebung existierten von jedem Patient entsprechend der Anzahl seiner OPG mindestens zwei, im Höchstfall fünf Befundkarten. Im günstigsten Fall sollten sich diese im späteren Verlauf einander zuordnen lassen und aufgrund der Übereinstimmung den Patienten „identifizieren“. Als Voraussetzung dafür musste eine Möglichkeit zur Richtigkeitsüberprüfung der vermuteten Zuordnungen eingerichtet werden. Ein spezieller Zahlencode trägt dieser Anforderung Rechnung: per Zufallsprinzip wurde jedem der 490 OPG eine dreistellige Zahl zugeteilt, die wir auf Aufkleber übertrugen und zum einen neben der jeweiligen Knochenkontur und zum anderen auf der Rückseite der zugehörigen Befundkarte

anbrachten. Eine versehentliche Zuordnung der Karten, was vorab ungewollte Rückschlüsse auf die Person bedeutet hätte, ließ sich damit verhindern.

Im Anschluss an den Versuchsablauf sollte eine Zuordnung der Karteikarten zu den Folien bzw. den Personen natürlich wieder möglich sein, um den Erfolg kontrollieren zu können. Eine Decodierungsliste mit den Informationen „Geschlecht“, „Geburtsdatum“, „Aufnahmedatum“ und „Zahlencode“ erlaubte die Verifizierung von vermuteten Übereinstimmungen von zwei oder mehreren Befundkarten.

3.2 Versuchsablauf

Um die Individualität der Kieferhöhle im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit zur Leichenidentifikation sowohl im interindividuellen als auch im infraindividuellen Vergleich überprüfen zu können, gelangten alle 490 Befundkarten zur Untersuchung.

Der Nachweis einer hinreichend großen Konstanz des Sinusbodens, wie er im OPG abgebildet wird, könnte im unbekanntem Todeseinzelfall, aber auch bei gleichzeitig vielzähligen Leichen als Folge von gewollter oder schicksalhafter Gewalteinwirkung eine wichtige Ergänzung bislang angewandter Methoden sein.

Das Ziel dieser Untersuchung stellte die Zuordnung der jeweils von den Röntgenaufnahmen einer Person stammenden Signaturen dar, welche den knöchernen Kieferhöhlenboden repräsentierten.

Nach gründlicher randomisierter Durchmischung aller mit einem Zahlencode gekennzeichneten 490 Signaturen bestand unsere Aufgabe nun darin, deckungsgleiche Signaturen ausfindig zu machen und auf ihren Ursprung hin zu überprüfen. Es erschien uns sinnvoll, dabei systematisch nach einem reproduzierbaren Konzept vorzugehen, welches wir hierfür entwickelten. Es wurde zunächst nach Kriterien gesucht, die eine Einteilung der großen Menge an Signaturen zunächst in Haupt- schließlich in Untergruppen zuließen. Diese Kriterien sollten leicht zu beurteilen sein und möglichst ähnlich große Teilkollektive schaffen,

welche Signaturen mit gleichen Eigenschaften enthielten. Sie bezogen sich schließlich auf die Anzahl und Verteilung der beiden definierten Strukturmerkmale pro Kieferhöhlenpaar.

Da die Kriterien für die Gruppen noch relativ allgemein gehalten wurden und erst im letzten Arbeitsschritt die jeweils deckungsgleichen Signaturen aus den Untergruppen herausgefiltert wurden, konnte gewährleistet werden, dass auch jene Identitätsübereinstimmungen aufzudecken waren, von denen die Signaturen aufgrund von Fehlinterpretation während der Beurteilung der Röntgenbilder nicht eindeutig zur Deckung zu bringen waren.

In dieser Untersuchung kamen folgende Kriterien, die sich im Sinne einer Ja-/Nein-Entscheidung beantworten ließen, zum Einsatz:

1a. Bis zu zwei Strukturen in einer Kieferhöhle.

Liegen auf einer Seite rechts oder links des Kreuzes (Spina nasalis anterior) nur bis zu zwei Strukturen vor, bleibt die Anzahl der Strukturen der jeweils anderen Seite unberücksichtigt. Zu dieser Gruppe gehören auch die Fälle mit bis zu zwei Strukturen rechts und links.

1b. Mehr als zwei Strukturen in einer Kieferhöhle.

Zu dieser Gruppe zählen automatisch alle jene Fälle, die nicht dem Kriterium unter 1a. zuzuordnen waren.

2a. Homogenität der Strukturen

a. Ausschließlich „Winkel“ in beiden Kieferhöhlen.

Die Signatur bestand auf beidseits nur aus „Winkeln“ . Unberücksichtigt bleibt die Anzahl dieser Struktur insgesamt oder pro Kieferhöhle.

b. Ausschließlich „Wellen“ in beiden Kieferhöhlen.

c. Ausschließlich „Winkel“ in einer Kieferhöhle.

Die Signatur besteht auf einer Seite nur aus „Winkeln“. Diese Beobachtung besitzt Priorität gegenüber der Heterogenität der anderen Seite. Unberücksichtigt bleibt nach wie vor Anzahl der Strukturen.

d. Ausschließlich „Wellen“ in einer Kieferhöhle.

2b. Heterogenität der Strukturen.

Das Vorkommen der beiden Strukturen in beiden Kieferhöhlen wurde gezählt und verglichen. Daraufhin erfolgte die weitere Zuordnung:

- a. Insgesamt mehr „Winkel“
- b. Insgesamt mehr „Wellen“
- c. Insgesamt gleiche Anzahl an „Winkeln“ und „Wellen“.

Nach der Zuordnung aller Kasuistiken in diese Gruppen wurde jede auf die Konkordanz der Signaturen untersucht. Da diese anhand der relativ groben Kriterien nicht von vornherein einander zugeordnet werden konnten, kam es dabei in einigen Gruppen zu der Feststellung gleich mehrerer augenscheinlicher Identitätsübereinstimmungen. Es konnte auch herausgestellt werden, dass sich in einigen Fällen trotz dieser Einfachheit keine „passende“ Signatur in der Gruppe finden ließ.

Erst die Auswertung der Zahlencodes ermöglichte eine Aussage über die tatsächliche Identitätsübereinstimmung der deckungsgleichen Signaturen sowie im Anschluss eine nähere Untersuchung anhand der dokumentierten Befunde wie Lebensalter, Zahnzahl und Zeitdifferenz zwischen den Aufnahmen.

4 Auswertung und Ergebnisse

4.1 Anteil der erfolgreichen Zuordnungen

In der vorliegenden Literatur gibt es keine vergleichbaren Erwähnungen über eine reale oder simulierte Anwendung des Identifizierungsverfahrens mittels Darstellung des Sinus maxillaris im OPG.

Analog zu den bei einem Schadensereignis praktizierten Techniken mussten jedoch auch wir feststellen, dass eine „Identifikation“ aller „Opfer“ selbst nach intensivsten Bemühungen und Modifikation der Methode nicht möglich war.

Das OPG-Material der 204 überprüften Fälle wurde dem Patientenpool der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des Universitätsklinikums Münster entnommen.

Nach der Übertragung der relevanten Sinus maxillaris-Strukturen aus den Röntgenbildern auf Klarsichtfolien und der Erhebung der strukturtypischen Buchstabensignatur auf Befundkarten wurden diese mit einer Kodierung versehen. Dies ermöglichte eine Überprüfung der Richtigkeit jeder vermuteten Zuordnung. Mit Hilfe bestimmter Kriterien teilte sich die große Menge der gesamten Fälle in immer kleinere Gruppen. Eine weitgehende Differenzierung erlaubten zwei hauptsächliche Kriterien. Die Frage nach der Anzahl der relevanten Strukturen in einem Sinus führte zu einer ersten, noch groben Trennung in die beiden Gruppen „Bis zu zwei Strukturen in einer Kieferhöhle“ und „Mehr als zwei Strukturen in einer Kieferhöhle“. Die nächste Unterscheidungsstufe fragte nach dem homogenen bzw. heterogenen Vorkommen der Strukturmerkmale „Winkel (A)“ und „Welle (B)“.

Zwar konnten alle Befundkarten auf die genannten Untergruppen verteilt werden, eine anschließende Zuordnung dieser Einzelbefunde zu dem jeweils zugehörigen Patienten gelang uns jedoch nur bei 156 OPG. In dem mit 334 Befunden größeren und 68,2 % entsprechenden Anteil verblieben OPG-Befundkarten, bei welchen zunächst keine Möglichkeit der Rückführung zu ihrem Patientenursprung bestand. Das entspricht einer Aufklärungsquote von 31,8 %. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 4 grafisch dargestellt.

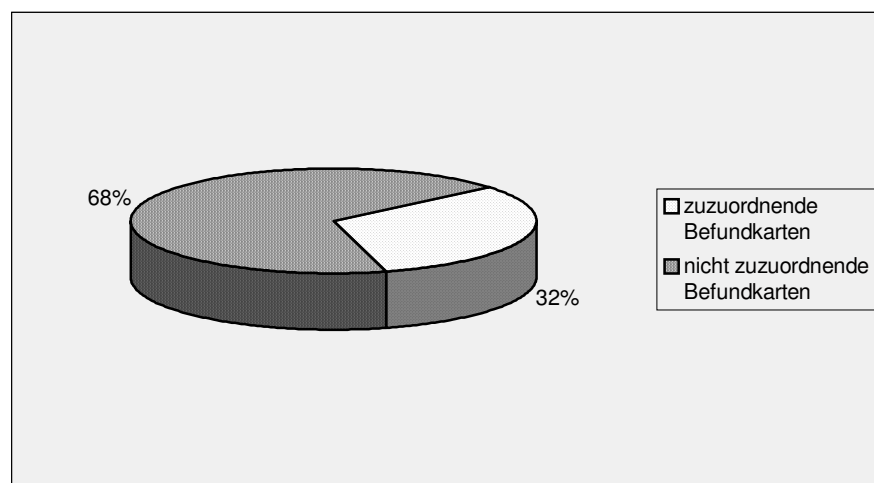


ABBILDUNG 4: *Prozentuale Verteilung der zuzuordnenden Befundkarten*

Verglichen mit den Erfolgsraten anderer Identifikationstechniken, die im Bedarfsfall zum Einsatz gelangen, fallen unsere Ergebnisse weit hinter den bereits etablierenden Methoden zurück. Die dentale Identifikation z.B. liefert als eine der inzwischen anerkannt wichtigsten Beiträge in Abhängigkeit vom Untersuchungsgut und der Qualifikation des Untersuchers sehr gute Ergebnisse.

Benthaus (1997) [4] ermittelte in einer Darstellung von neun Katastrophen im Zeitraum von 1969 bis 1995 einen durchschnittlichen Prozentsatz der dentalen Identifikation von 65 %. Die Ergebnisse weiterer Autoren zeigen teils erhebliche Abweichungen, mittelwertige Angaben sind jedoch sehr ähnlich. Die dentale Identifizierungsrate der aufgefundenen Opfer der Anschläge auf das World Trade Center in New York vom 11.09.2001 wurde von *Glazer et al.* (2002) [39] mit bis zu 60 % beziffert.

4.2 Ursachen der primär nicht erfolgreichen Zuordnungen

Mit 31,8 % gelang die Rückführung der Befundkarten zu ihrem jeweiligen Ursprungspatienten nur in weniger als einem Drittel aller zu Grunde liegender Orthopantomogramme. Bei dem weit überwiegenden Teil von 334 der insgesamt 490 OPG (68,2 %) verlief dieser Versuch zunächst allerdings erfolglos. Die im Zuge der Datenerhebung angelegte Dekodierungsliste ermöglichte an dieser Stelle nicht nur die Bestätigung vermuteter Übereinstimmungen, sondern auch die Nachforschungen in den erfolglosen Fällen.

Abbildung 5 schlüsselt die einzelnen „Fehlerquellen“ auf, die eine Klärung verhinderten. Hauptsächlich fallen drei wiederholt auftretende „Fehler“ in unterschiedlicher Häufigkeit auf. In den nicht gelösten Fällen registrierten wir insgesamt 478 Ungleichheiten/Abweichungen, von denen bei der Mehrzahl (310 von 334; 92,8 %) auch mehrere gleichzeitig auftraten. Bei 24 Orthopantomogrammen lag jeweils nur eine Differenz (Patientenpositionierung; vergleiche dort) vor, die aber gleichwohl die Zuordnung verhinderte.

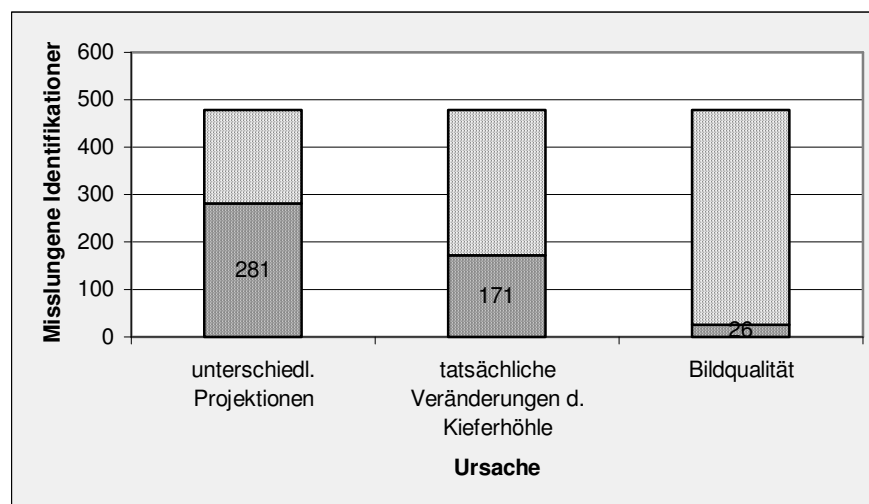


ABBILDUNG 5: Ursachen für die misslungenen Identifikationen und Anteil an der Gesamtzahl

Allgemein war eine Unterscheidung in einerseits tatsächliche, d. h. radiologisch nachvollziehbare und andererseits vermutete Gründe festzustellen.

Bei letzteren fehlt die konkrete Nachweismöglichkeit. Ihre Verantwortlichkeit für die fehlende Übereinstimmung ist jedoch sehr wahrscheinlich.

Mit 281 Nennungen (58,79 %) waren unterschiedliche Projektionen der verschiedenen OPG eines Falles die bei weitem häufigsten Gründe. Dabei handelt es sich ausgehend von der jeweils ältesten Aufnahme eines Patienten um Abweichungen der Schädelpositionierung bei der/den nachfolgenden Filmbelichtung(en) nach anterior, posterior und/oder lateral. Ob dies willentlich oder quasi artefaktisch entstand, ist im Nachhinein nicht mehr festzustellen. Vermutlich ist im Routinealltag die wenige Grade differierende Justierung des Kopfes mit Hilfe von Lichtvisieren dafür ausschlaggebend. Eigene Erfahrungen mit simulierten oder tatsächlichen Aufnahmen am Schädelphantom bzw. Patienten unterstreichen diesen Umstand. Aus Sicht des Praktikers wird das zu diagnostischen Zwecken erstellte Bild dadurch in der Regel nicht wesentlich gestört oder im Wert vermindert.

Bezeichnenderweise erhöht auch ein kurzes zeitliches Intervall zwischen zwei Aufnahmen (z.B. eine Woche) nicht den Grad der Übereinstimmung.

Neben der arbiträren Ausrichtung des Schädels mittels auf das Gesicht projizierter Lichtlinien sind aber vor allem die unterschiedlichen OPG-Geräte und die große Anzahl des sie bedienenden Fachpersonals als Ursache der Variationen zu erwähnen. In Tabelle 1 sind die Gerätetypen aufgeführt, die im Laufe der Jahre im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten des Universitätsklinikums Münster verwendet wurden. Eine Dokumentation über die Geräteanwender seit 1974 ist nicht möglich. Ihre Zahl muss jedoch auf viele Hundert geschätzt werden.

Diese Faktoren können ebenso die Kontrastschärfe eines OPG beeinflussen. Sie hängt ansonsten wesentlich von der gewählten Stromstärke (kV) ab. Schwankungen des Kontrastes können die Erkennbarkeit der basalen Kieferhöhlenbegrenzung auch nach unserer Erfahrung bis zur Unmöglichkeit erschweren. In unserer Untersuchung stellten wir 26 Mal (5,44 %) diese zum Parameter Bildqualität zusammengefassten Punkte fest.

Sehr viel häufiger (171 Mal; 35,77 %) lagen tatsächliche Veränderungen im Bereich der Kieferhöhle und ihrer angrenzenden Strukturen vor. Zahnverlust, Zahndurchbruch und vor allem pathologische Veränderungen durch zystische oder tumoröse Prozesse im Sinus maxillaris oder seiner unmittelbaren Nähe konnten wir als wesentliche Einflüsse für dessen Kontur ausmachen.

Bei einer anschließenden Ja/Nein-Entscheidung über die Identifikationsmöglichkeit anhand des reinen visuellen Vergleichs der Knochenkonturen auf den Folien, konnte zwar mit 51,2 % (Ja) zu 48,8 % (Nein) eine höhere Zahl an positiven Identifikationen erreicht werden. Dieses Ergebnis ist aber nicht als verlässlich anzusehen, da wir möglicherweise von dem Wissen um die Übereinstimmungen (Patientenaufkleber, Datum der Aufnahme) unbewusst zu einer Ja-Entscheidung gelenkt wurden.

5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit untersuchten wir die Darstellung des Sinus maxillaris in Orthopantomogrammen. Die unvoreingenommene und zuvor nicht korrigierte Stichprobennahme aus dem Patientenpool der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des Universitätsklinikums Münster sorgte für einen zufälligen Querschnitt des Röntgenbildmaterials.

Im Anschluß an die Datenerhebung erfolgte die Auswertung hinsichtlich ihrer eventuellen Verwendbarkeit für die Identifizierung unbekannter Toter im Einzelfall oder z.B nach Massenunfällen.

Trotz mehrfacher und verschiedener Ansätze konnte nicht in jedem Fall eine Übereinstimmung der basalen Kieferhöhlenabbildungen festgestellt werden, die die jeweilige Identität überzeugend begründet hätte.

Von praktischer Bedeutung kann der Vergleich der Kieferhöhlen im OPG dann sein, wenn der Zustand der Leiche die Anwendung gängiger Identifikationsmethoden nicht zulässt, so beispielsweise bei destruktiven physikalischen oder chemischen Einflüssen. Auch kann es sich um eine zahnlose Leiche oder mangelhafte zahnärztliche Dokumentation handeln, so dass auch die odonto-stomatologische Forensik nicht greifen kann. Vor allem aber ist der Wert adjuvanter Methoden, also dieser und anderer nachgeordneter Identifizierungsverfahren, in der Steigerung der Validität einer Aussage zu sehen.

So kann die Untersuchung der Kieferhöhle im Orthopantomogramm, trotz der Arbeit zahlreicher Autoren über die Variabilität des Sinus maxillaris, nicht als eine unfehlbare Methode der Identifikation betrachtet werden, sondern lediglich als hilfreiche Unterstützung anderer etablierter Praktiken.

Neben den in Kapitel 4.7 aufgeführten Gründen für eine misslungene Identifikation können weitere Faktoren dafür in Betracht gezogen werden, deren Vorkommen und Einfluss wir aufgrund des retrospektiven Charakters der Untersuchung nicht analysieren konnten. Es lässt sich feststellen, dass die Bildqualität von intraoralen Röntgenaufnahmen mit der Panoramaschichtaufnahme nicht erreicht wird (*Heifetz* 1974 [54], *Schiff et al.* 1986 [125]).

So weisen Panoramaschichtaufnahmen immer eine gewisse Verzerrung auf, hervorgerufen durch die Diskrepanz zwischen dem vertikalen und dem horizontalen Vergrößerungsfaktor.

Da dreidimensionale Strukturen auf eine zweidimensionale Ebene projiziert werden, ist zudem eine räumliche Betrachtung unmöglich und es kommt zu Überlagerungen.

Schiff et al. (1986) [125] geben einen Überblick über die darstellerischen Grenzen und Fehler, die mit der Anwendung der Orthopantomographie in Verbindung stehen. Dass diese relativ häufig auftreten, sehen die Autoren nicht etwa in der technischen Ausrüstung begründet, sondern vielmehr in der praktischen Verrichtung. Die Fehler betreffen zum einen die Patientenpositionierung, deren einwandfreie Durchführung *Sanderink et al.* (1991) [122], *Rottke* (1987) [117] und *Rushton et al.* (1999) [119] als maßgebend für eine fehlerfreie Aufnahme ansehen, und zum anderen das technische Vorgehen. Nachlässigkeiten in der Einstellung des Patienten betreffen die Kopfeigung in der vertikalen und horizontalen, der Abstand des Schädels zur Strahlenquelle und zum Film, die Streckung der Wirbelsäule, die Kopfbisseinstellung der Frontzähne, die Lage der Zunge wie auch den Lippenschluss. *Schiff et al.* (1986) [125] stellten fest, dass die fehlerhafte Lage der Zunge mit einem Auftreten von etwa 30 % den am häufigsten vorkommenden Fehler bei der Patientenpositionierung darstellt. Die Unachtsamkeiten bezüglich des technischen Vorgehens sind ebenso vielfältig. Es handelt sich in der Mehrzahl um eine Beeinträchtigungen des Films: Unter-, Über- oder Doppelbelichtungen, Umbiegungen des Films, statische Aufladung beim Einlegen in die Kassette, Fremdkörper zwischen Film und Verstärkerfolie und artefaktische Belichtung. Unterschiedlich belichtete Aufnahmen fielen auch uns auf.

Die genannten Positionierungs- und Technikfehler bewirken je charakteristische Veränderungen der Aufnahme, so dass sich im Nachhinein nicht selten feststellen lässt, welcher Faktor verändert werden muss, um ein einwandfreies Ergebnis zu erzielen.

Während es in einigen Fällen zu Makeln kommt, die aufgrund ihrer geringen Größe oder ihrer Eindeutigkeit nicht zu einer falschen Interpretation führen, können andere zu einer Fehldeutung der anatomischen Strukturen, so auch des Kieferhöhlenbodens, verleiten.

Schiff et al. (1986) [125] erwähnen, dass es zu einem Aufhellungsstreifen im Bereich der Oberkieferwurzeln und somit zu einer erschwerten Beurteilung dieser Region kommen kann, wird die Zunge während der Exposition nicht an den Gaumen gehoben.

Steht der Patient im Gerät zu weit nach posterior, befinden sich die Frontzähne nicht in der zentralen Schichtebene, was in der Abbildung zu einer Ausdehnung der gesamten Kieferregion führt. Eine gegensätzlich gerichtete Verzerrung findet statt, wenn die Mediansagittallinie des Kopfes nicht mit der des Gerätes übereinstimmt. Die Seite des Kopfes, die sich näher am Film befindet wird kleiner dargestellt, der Bereich mit vergrößertem Objekt-Film-Abstand dagegen größer (*Heifetz 1974*) [54].

Ausgehend von dem jeweils ältesten OPG eines Patienten stellten wir 281 Mal (57,34 %) auffallende Abweichungen der nachfolgenden Projektionen fest, während *Rahn et al. (2003) [107]* in ihrer Studie an 1388 OPG diesen Fehler in 26,9 % bemerkten.

Für Verwirrung bei der Inspektion des OPG sorgen desgleichen die Doppelbilder, auch Geisterbilder genannt, mit denen sich *Lambrecht et al. (1985) [72]* beschäftigten. Die Objektdoppeldarstellungen sind ein häufig zu beobachtendes Phänomen bei Panoramaschichtaufnahmen, durch die es zum Verlust von diagnostisch auswertbaren Bildanteilen kommt. Zur doppelten Darstellung gelangen alle Objekte, die bei dem rotierenden Aufnahmeverfahren zweifach im Strahlengang liegen. So entsteht das „reale“ erwünschte Bild und das überprojizierte unerwünschte Scheinbild. Eine Aufschlüsselung der Lokalisation von Geisterbildern in Abhängigkeit von der Objektlokalisierung relativ zum Strahlenverlauf liefern die Abbildungen 11 und 12 auf Seite V.

Eine Besonderheit bei der Panoramaschichtaufnahme stellt die Bewegungsunschärfe dar. Da aufgrund des rotierenden Aufnahmeverfahrens nur der Objektbereich verzerrt dargestellt wird, der sich zum Zeitpunkt der Objektbewegung zwischen Strahlenquelle und Film befand, betrifft dies häufig nur einen schmalen Bezirk, der nicht selten als pathologische Erscheinung

fehlgedeutet wird (*Browne* 1984 [16], *Gupta* 1973 [46]). Die Aufnahme wird zumeist nicht wie im selben Fall der Zahnfilm als unbrauchbar angesehen und wiederholt. In diesem Zusammenhang ist auch eine mangelhafte Interpretation des Knochenverlaufs der basalen Kieferhöhlenregion möglich.

Wie in Kapitel 2.4.2 erwähnt können verschiedene Gerätetypen in Lokalisation und Form unterschiedliche zentrale Schichtebenen aufweisen, die darüber hinaus an jedem in der heutigen Zeit verwendeten Gerät manuell eingestellt werden können. Im Bestfall sollte die zentrale Schichtebene mit den anatomischen Gegebenheiten und dem interessierenden Objektbereich korrelieren. Da die Falscheinstellung der zentralen Schichtebene zu Verzerrungen führen kann, liegt hier eine Fehlerquelle begründet. Die unserer Untersuchung zu Grunde liegenden Orthopantomogramme wurden im Laufe der Jahre von acht verschiedenen Geräten produziert. Eine Übersicht dazu gibt Tabelle 1 auf Seite 59.

Etwa fünf Prozent (5,31 %, 26 Fälle) aller Ungenauigkeiten betrafen markante Abweichungen der Bildqualität unseres Untersuchungsgutes, zu der wir auch Patientenbewegungen während der Exposition zählten. Morphologische Veränderungen resultierten häufig (35,71 %) aus tatsächlichen Strukturwechselln. Diese sind die Folgen von offensichtlichem Zahnverlust, entweder direkt, durch die Traumatisierung der Kieferhöhle nach einer iatrogenen Mund-Antrum-Verbindung im Rahmen einer zahnärztlichen Zahntfernung oder indirekt als Resultat eines geschrumpften Gewebes nach Abheilung. Letzteres wird ebenso kontrovers diskutiert wie eine Volumenzunahme der Kieferhöhle nach kontinuierlicher und ausgeprägter sportlicher Betätigung. Mit großer Zuverlässigkeit konnten wir hingegen die Modifikationen durch pathologische Prozesse wie z.B. Zysten und Tumoren feststellen, die sowohl den Zeitraum vor als auch nach chirurgischer Intervention betreffen.

Die genannten Effekte führen dazu, dass die Reproduzierbarkeit der Panoramaschichtaufnahmen erschwert ist. Erst recht für den Rechtsmediziner, der ein möglichst der antemortem-Aufnahme qualitativ gleichwertiges OPG eines leblosen Körpers erstellen soll, dieser dazu noch durch Brand, Gewalteinwirkung oder Verwesung deutliche Veränderungen aufweisen kann, ist dieses eine Herausforderung. Nicht nur die Positionierung

der Leiche, des Schädels oder nur einiger Kieferfragmente im Röntgengerät ist schwierig, sondern auch die Simulation von eventuell abwesenden Weichteilen oder der Wirbelsäule. Obwohl einige Autoren (*Du Chesne* et al. 2000 [26], *Ordman* et al. 1987 [99], *Sailer* et al. 1987 [120]) Hilfsmittel (Positionierungshilfen, nachgeahmte Wirbelsäulen oder Weichteilfilter) entwickeln und einsetzen konnten, ist die Reproduzierbarkeit von antemortem-Aufnahmen durch postmortem-Aufnahmen nach wie vor problematisch. Ist nun bereits die antemortem-Aufnahme durch Artefakte, Positionierungsfehler oder Bewegungsunschärfe fehlerhaft, so ist eine Kopie dieses OPG sowie die Untersuchung der Aufnahmen auf analoge Strukturen von begrenztem Wert.

Es kann resümierend festgestellt werden, dass sich das OPG durch das komplizierte Aufnahmeverfahren von einfachen Röntgenaufnahmen unterscheidet und dadurch eine hohe Anzahl an Möglichkeiten birgt, die zu verschiedenen Missinterpretationen führen können.

Natürlich muss eingeräumt werden, dass auch uns trotz aller Sorgfaltsbemühungen eventuell Fehler bei der Erhebung und Übertragung der Daten unterlaufen sind, die das Ergebnis verändert haben könnten. Als Beispiel sei in diesem Zusammenhang an die *Linea innominata* erinnert, die im OPG nicht selten mit der Hinterwand der Kieferhöhle verwechselt wird.

In der Realität stehen bei Identifizierungsbedarf verschiedenste etablierte Nachweismethoden mit unterschiedlicher Wertigkeit zur Verfügung. Ältere, häufig makroskopische Verfahren, können inzwischen durch moderne Techniken auf molekularer Ebene ergänzt oder vollständig ersetzt werden. Dennoch sind unterstützende Verfahren wie die dentale Identifikation wichtig, die eine Aussage verstärken können. Insofern könnte bei hinreichender Validität die basale Darstellung des *Sinus maxillaris* ähnlich den bereits eingeführten Techniken von Nutzen sein. In unserer Studie erreichten wir allerdings nicht die durchschnittlichen Erfolgsquoten anderer adjuvanter Techniken.

Eine wesentliche Aussage dieser Arbeit besteht demnach nicht nur in dem erfolgreich gelösten Anteil, sondern in der Tatsache, dass selbst unter nahezu idealen Voraussetzungen mehr als zwei Drittel der OPG nicht zuzuordnen waren.

Wesentlich verantwortlich dafür ist vor allem die große Variabilität der Einstellungspositionen eines Patienten. Hier genügt eine augenscheinlich geringfügige Abweichung in einer der drei Ebenen, um eine für unser Untersuchungsverfahren entscheidende Abbildungsänderung des Sinusbodens entstehen zu lassen. Daraus wird ersichtlich, dass der erhoffte Vorteil unserer Methode, die relativ objektive Beurteilung der wellen- und winkelförmigen Strukturen, zugleich mit diesem Nachteil behaftet ist.

Die Erfassung der individuellen Kieferhöhlenbasis in Form von Buchstabensignaturen scheint nicht in jedem Fall eine sinnvolle Praktik zu sein. Augenscheinlich zu einer Person gehörende Kieferhöhlenabbildungen konnten aufgrund eines Unterschieds in der Signatur nicht zusammengeführt werden. Eine Verfeinerung unserer Arbeitsweise wird daher als erstrebenswert erachtet.

Die Frage nach der Eignung des Sinus maxillaris zu Identifizierungszwecken kann positiv beantwortet werden, sollte jedoch gleichfalls weiter untersucht werden.

6 Schlussfolgerung

1. Zahnärztliche Röntgenaufnahmen im allgemeinen und Orthopantomogramme im besonderen können ein hohes Informationspotential für Identifikationen beinhalten.
2. Die röntgenologische Darstellung der basalen Kieferhöhle im OPG kann trotz zahlreicher interner und externer Einflussmöglichkeiten eine charakteristische und personenspezifische Form aufweisen.
3. Besonders die Patientenpositionierung während der Exposition vermag bei Abweichungen in einer der drei Ebenen unterschiedliche Verläufe der kaudalen Begrenzung des Sinus maxillaris hervorzurufen, die eine Identitätsüberprüfung erschweren und sogar unmöglich machen können.
4. Das von uns entwickelte System der Strukturobjektivierung mittels einer Winkelbestimmung und Transformation in eine individuelle Buchstabensignatur scheint nur bedingt geeignet zu sein.
5. Unter dem Gesichtspunkt eines individuellen Merkmals hat der Kieferhöhlenboden bislang kaum Beachtung gefunden. Da er jedoch als adjuvantes Kriterium für Identifizierungsaufgaben wertvoll sein kann, wird seine weitere Erforschung zu diesem Zweck empfohlen.

7 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit fand eine Untersuchung über die Darstellung des Sinus maxillaris in Orthopanthomogrammen sowie im Genaueren über dessen Einzigartigkeit im Hinblick auf die Möglichkeit der Personenidentifikation statt.

Es wurde ein klassischer Vergleich von antemortem und postmortem angefertigten Röntgenaufnahmen simuliert, indem mindestens zwei und maximal fünf OPG von 204 Patienten in die Untersuchung gelangten. Diese insgesamt 490 Aufnahmen stammten aus den Patientenkarten der Polikliniken der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des Universitätsklinikum Münster.

Nachdem die basale Knochenbegrenzung des Sinus maxillaris zunächst auf Folien übertragen worden sind, wurde die jeweilige Buchstabensignatur eines Kieferhöhlenpaares, welche die wellen- und winkelförmigen Strukturen des Kieferhöhlenbodens repräsentierten, auf Befundkarten übertragen.

Durch eine auf der Rückseite dieser Befundkarten angebrachte Zahlencodierung konnten im Anschluss an die „Identifikation“ die Zuordnungen von Signatur und Knochenlinie überprüft werden. Trotz der in Relation zu echten Kasuistiken fazielen Durchführbarkeit der Vergleiche, erreichten wir eine Aufklärungsquote von nur 31,8 % (156 Fälle). In 334 Fällen (68,2 %) gelang uns keine Identifikation.

Der Hauptgrund für die misslungenen Übereinstimmungen stellte mit 58,79 % unterschiedliche Projektionen der OPG dar, gefolgt von tatsächlichen Veränderungen im Bereich der Kieferhöhlen (35,77 %), und schließlich war mangelhafte Bildqualität zu 5,44 % Ursache der Falschzuordnung.

Es können zudem weitere Faktoren in Betracht gezogen werden, deren Vorkommen und Einfluss wir aufgrund des retrospektiven Charakters der Untersuchung nicht analysieren konnten.

Die Verwendung des Kieferhöhlenbodens im OPG zu Identifikationszwecken wird als unterstützendes Kriterium befürwortet, seine weitere Erforschung zu diesem Zweck empfohlen.

8 Literaturverzeichnis

1. Alt KW, Walz M (1999)
Dental Print Media and their Value in Forensic Odontology.
J Forensic Odonto Stomatol 17: 5-9
2. Bär W (2004)
Der außergewöhnliche Todesfall.
Vorlesungsbegleitung in der Internetpräsenz des
Institutes für Rechtsmedizin der Universität Zürich
3. Barsley RE, Thunthy KH, Weir JC (1984)
Maxillary sinus mucocele. Report of an unusual case.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 58 (4): 499-504
4. Benthaus S (1997)
Systematik der Röntgenidentifikation –
Praktisches Vorgehen und neue Hilfsmittel.
Arch Kriminol 200: 95-106
5. Betts NJ, Miloro M (1994)
Modification of the sinus lift procedure for septa in maxillary antrum.
J Oral Maxillofac Surg 52: 332-333
6. Blumenstein G (1963)
Die Entwicklung der Kieferhöhle bei Rachenmandelhyperplasie, Nasenrachenfibrom,
Choanalatresie und Dysostosis mandibulofazialis
im Vergleich zur normalen Entwicklung.
Med. Diss., Münster
7. Boenninghaus HG, Lenarz T (2001)
Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde für Studierende der Medizin.
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York
8. Bohay RN, Gordon SC (1997)
The maxillary mucous retention cyst: a common incidental panoramic finding.
Oral Health 87 (7): 7-8, 10

9. Bolger WE, Butzin CA, Parsons DS (1991)
Paranasal sinus bony anatomic variations and mucosal abnormalities:
CT analysis for endoscopic sinus surgery.
Laryngoscope 101: 56-64
10. Bonneau E, Cavezian R, Pasquet G (1985)
Possibilités et limites des clichés orthopanthomographiques.
Actualités odonto-stomatologique 39: 481-493
11. Borrrman H, Gröndahl H (1990)
Accuracy in Establishing Identity by means of Intraoral Radiographs.
J Forensic Odonto Stomatol 8 (2): 31-36
12. Brannon RB, Kessler HP (1999)
Problems in Mass-Disaster Dental Identification: A Retrospective Review.
J Forensic Sci 44: 123-127
13. Brannon RB, Morlang WM (2002)
Jonestown Tragedy Revisted: The Role of Dentistry.
J Forensic Sci 47: 3-7
14. Brown KA (1984)
Dental identification of unknown bodies.
Ann Acad Med Singapore 13: 3-7
15. Brown RS, Coleman-Bennett M, Abramovitch K (2002)
Panoramic radiographic findings: Case reports of ectopic teeth and anthroliths within or
adjacent to the maxillary sinus.
Dentistry Today 21: 50-53
16. Browne R (1984)
An artefact produced by rotational tomographic radiography.
Br Dent J 156: 368
17. Buchner A (1985)
The identification of human remains.
Int Dent J 35: 307-311
18. Calder IM (1987)
Use of postmortem radiographs for the investigation of
underwater and hyperbaric deaths.
Undersea biomedical research 14: 113-132

19. Casamassimo PS, Lilly GE (1980)
Mucosal cyst of the maxillary sinus: A clinical and radiographic study.
Oral Surg 50: 282-286
20. Caton RB, Marble HB, Topazian RG (1973)
Complex odontoma in the maxillary sinus.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 36: 658-662
21. Culbert WL, Law FM (1927)
Identification by comparison with roentgenograms of the Nasal Accessory Sinuses and Mastoid Processes.
JAMA 88: 1634-1636
22. Di Felice R, Lombardi T (1995)
Ectopic third molar in the maxillary sinus. Case report.
Austr Dent J 40 (4): 236-237
23. Doychinov I, Yordanov G (1994)
Use of orthopantomography in forensic identification.
Folia Medica (Plovdiv) 36: 57-61
24. Du Chesne A, Benthaus S, Brinkmann B (1999)
Manipulated radiographic material-capability and risk for the forensic consultant.
Int J Leg Med 112: 329-332
25. Du Chesne A, Benthaus S, Brinkmann B (1999)
Zum Beweiswert von Röntgenbildern bei der Lokalisation zahnfarbener Füllungsstoffe.
Arch Krim 203: 86-90
26. Du Chesne A, Benthaus S, Teige K, Brinkmann B (2000)
Post-mortem Orthopantomography – an aid in screening for identification purposes.
Int J Leg Med 113: 63-69
27. Du Saucey MJ et al. (1991)
Post-Mortem Dental Radiography : a useful Innovation.
J Forensic Odontostomatol 9: 24-28
28. Düker J (1988)
Die Darstellung der Kieferhöhle auf der Panoramaschichtaufnahme – ein Beitrag zur Röntgenanatomie.
Dtsch Zahnärztl Z 43: 1237-1240

29. Düker J (1992)
Röntgendiagnostik mit der Panoramaschichtaufnahme.
Hüthig Buch Verlag Heidelberg
30. Düker J, Fabinger A (1978)
Die Beurteilung der basalen Kieferhöhlenanteile im Panoramaschichtbild.
Dtsch Zahnärztl Z 33: 823-826
31. Eckel W (1963)
Untersuchungen zur Größenentwicklung der Kieferhöhlen.
Arch Ohren Nasen Kehlk Heilk 182: 479-485
32. Endris R (1979)
Praktische forensische Odonto-Stomatologie.
Das Gebiss als Indiz und Tatwerkzeug.
Kriminalistik – Wissenschaft und Praxis
Kriminalistik Verlag Heidelberg
33. Endris R (1985)
Biss und Bissspur.
Kriminalistik – Wissenschaft & Praxis; Band 18
Kriminalistik Verlag Heidelberg
34. Fielding CG (2002)
Nutrient Canals of the Alveolar Process as an Anatomic Feature
for Dental Identification.
J Forensic Sci 47: 381-383
35. Fischman SL (1985)
The use of medical and dental radiographs in identification.
Int Dent J 35: 301-306
36. Flossmann G (1998)
Identifizierung von Leichen nach Massenunfällen.
In: Leopold D (Hrsg.): Identifikation unbekannter Toter
Verlag Schmidt-Römhild Lübeck
37. Francis FH, Bosshardt LL (1969)
Unusual extension of the maxillary sinus.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 28: 854

38. Freitag V, Reinhardt D (1988)
Die röntgenologische Darstellung der Kieferhöhlen auf Panorama-N-Aufnahmen, Panorama-S-Aufnahmen und NNH-Übersichtsaufnahmen:
Eine vergleichende Auswertung.
Dtsch Zahnärztl Z 43: 1241-1244
39. Glazer H, Theis KW (2002)
Der 11. September und die Zahnmedizin.
ZM 17: 44
40. Godfrey DC (1974)
An unusual large maxillary sinus.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 38: 656
41. Groenert H (1998)
Genetischer Fingerabdruck im Fall Kaspar Hauser.
Internetpräsenz der Universität Koblenz
42. Gruber J, Kameyama MM (2001)
Role of radiology in forensic dentistry.
Pesqui Odontol Bras 15 (3): 263-268
43. Grüner O (1989)
Die rechtsmedizinische Identifizierung – Bedeutung und Beweiswert.
Z Rechtsmed 103: 73-83
44. Grüner O, Helmer R (1975)
Röntgenidentifizierung.
In: Müller B (Hrsg.): Gerichtliche Medizin.
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, London
45. Guinn VP (1970)
Forensic neutron activation analysis.
In: Stewart TD (Hrsg.): Personal identification in Mass Disasters.
National Museum of Natural History
Smithsonian: 25
46. Gupta SK (1973)
A Defect of the Orthopantomograph.
Br Dent J 135: 541-542
47. Gustafson G (1966)
Forensic Odontology.
Verlag Stapeles Press London

48. Haertig A, Bonnin A, Lehoux L, Auffret (1991)
Role du panoramique dentaire lors des procédures d'identification.
J Radiol 72: 489-490
49. Halstead CL (1973)
Mucosal Cysts of the maxillary sinus: report of 75 cases.
J Am Dent Assoc 87: 1435-1441
50. Hanaoka Y et al. (2001)
Advantages of the digital x-ray system in dental identification of persons
with reference to two murder cases.
J Forensic Odontostomatol 19: 22-25
51. Happonen RP et al. (1991)
Use of Orthopantomograph in Forensic Identification.
Am J Forensic Med Pathol 12: 59-63
52. Harcke HT, Bifano JA, Koeller KK (2002)
Forensic Radiology: Response to the Pentagon Attack on September 11, 2001.
Radiology 223 (1): 7-8
53. Heckmann K (1939)
Die Röntgenperspektive und ihre Umwandlung durch eine neue Aufnahmetechnik.
Fortschr Röntgenstr 60: 144
54. Heifetz SN (1974)
Introduction to panoramic radiographic technique.
Oral Impl 4 (4): 580-606
55. Heine JN et al. (1994)
Body of evidence.
RDH 14: 44-45
56. Helmer R, Leopold D (1974)
Neue Aspekte zur Schädelidentifizierung.
Krim Forens Wiss 55/56: 82-88
57. Herd JR (1974)
Exostoses of the maxillary sinus wall.
A diagnostic problem.
Austr Dent J 19: 269-273

58. Higashi T, Iguchi M, Aoyama W (1999)
“Ghost images“ in the panoramic radiographs.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 55 (2): 221
59. Hunger H, Leopold D (1978)
Identifikation.
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York
60. Iten PX (1987)
Identification of skulls by video comparison.
J Forensic Sci 32: 173-188
61. Jain RK, Frommer HH (1982)
Incidental findings of anthroliths in panoramic radiography.
NY State Dent J 48 (8): 530-531
62. Jaumann M, Steiner W (1978)
Endoscopy of the nose and nasopharynx.
Endoscopy 10: 240-246
63. Jensen OT, Greer R (1992)
Immediate placement of osseointegrating implants into the maxillary sinus augmented
with mineralized cancellous findings.
In: Laney WR, Tolman DE (Hrsg.): Tissue integration in oral orthopedic and
maxillofacial reconstruction.
Quintessence, Chioagoe, IL: 321-323
64. Jones GA, Behrents RG, Bailey GP (1996)
Legal considerations for digitized images.
General dentistry 44: 242-244
65. Jung T (1964)
Panorama-Röntgenaufnahmen der Kieferhöhlen.
Dtsch Zahnärztl Z 19: 449
66. Jung T (1973)
Wo liegen die Grenzen der Panoramaschichtaufnahmen?
Deutsches Zahnärzteblatt 82: 1053-1061
67. Katayama H, Ohba T, Ogawa Y (1974)
Panoramic innominate line and related roentgen anatomy of the facial bones.
Oral surg 37: 131

68. Kirk NJ, Wood RE, Goldstein M (2002)
Skeletal identification using the frontal sinus region:
a retrospective study of 39 cases.
J Forensic Sci 47 (2): 318-323
69. Krennmair G, Ulm C, Lugmayr H (1997)
Maxillary sinus septa: incidence, morphology and clinical implications.
J Cranio-Maxillofac Surg 25: 261-265
70. Kroon FS (1995)
Forensic odontology. Introduction.
Ned Tijdschr Tandheelkd 102 (6): 214-215
71. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T (1995)
Age estimation of adults from dental radiographs.
Forensic Sci Int 74 (3): 178-185
72. Lambrecht JT, Wangerin K (1985)
Origin and projection of ghost images on panoramic radiographs.
Dtsch Zahnärztl Z 40 (8): 853-855
73. Law CA, Bowers CM (1996)
Radiographic Reconstruction of Root Morphology in Skeletonized Remains:
A Case study. J Forensic Sci 41: 514-517
74. Leopold, D (1998)
Röntgenologische Methoden zur Identifikation.
In: Identifikation unbekannter Toter: 289-304
Verlag Schmidt-Römhild Lübeck
75. Lilienthal B, Punnia-Moorthy A (1991)
Limitations of rotational panoramic radiographs in the diagnosis of maxillary lesions.
Case report.
Aust Dent J 36 (4): 269-272
76. Mac Lean DF, Kogon SL, Sitt LW (1994)
Validation of Dental Radiographs for Human Identification.
J Forensic Sci 39: 1195-1200
77. Mainous EG, Hammer DD (1973)
Panoramic radiography in the diagnosis of the antral pathology:
Report of a case.
US Navy Med 61 (5): 44-45

78. Markert K, Krüger H, Mattig W et al. (1982)
Erfolgreiche Identifikation durch Röntgenbildvergleich an distalen Extremitätenregionen.
Kriminal Forens Wiss 46: 91-95
79. McDavid W, Welander U, Morris CR (1982)
Blurring effects in rotational panoramic radiography.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 53 (1): 111-115
80. Messerklinger W (1987)
Die Rolle der lateralen Nasenwand in der Pathogenese, Diagnostik und Therapie der rezidivierenden und chronischen Rhinosinusitis.
Laryng Rhinol 66: 293-299
81. Metzger Z, Buchner A, Gorsky M (1980)
Gustafson's method for age determination from teeth – a modification for the use of dentists in identification teams.
J Forensic Sci 25: 742
82. Monsour PA, Mendoza AR (1991)
Visualization of the maxillary sinus and styloid processes using rotational panoramic radiography.
Aust Dent J 36 (1): 5-10
83. Monsour PA, Young WG (1986)
Variability of the styloid process and stylohyoid ligament in panoramic radiographs.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 61: 522-526
84. Namyslowski G, Misiolek M, Kubik P (1995)
Gigantic osteoma of the maxillary sinus coexisting with retained tooth.
Otolaryngol Pol 49: 346
85. Naumann HH, Naumann WH (1977)
Kurze Pathophysiologie der Nase und ihrer Nebenhöhlen.
In: Berendes, Link, Zöllner (Hrsg.): Hals-Nasen-Heilkunde, Bd.1, 2. Aufl., Thieme, Stuttgart
86. Neiss A (1968):
Röntgenidentifikation.
Georg Thieme Verlag Stuttgart
87. Neiss A (1976)
Erkennungsmarke und Röntgenidentifikation.
Röntgenpraxis 29: 12-17

88. Nortjé CJ, Farman AG, De V. Joubert JJ (1979)
Pathological conditions involving the maxillary sinus: their appearance on panoramic dental radiographs.
Brit J Oral Surg 17 : 27-32
89. Nortjé CJ, Harris AMP (1986)
Maxillo-Facial Radiology in Forensic Dentistry: A Review
J Forensic Odontostomatol 4: 29-38
90. Oeken FW, Gudizol H (1996)
Funktionelle Anatomie der oberen Luft- und Speisewege.
In: Ganz H, Jahnke V (Hrsg.): Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
de Gruyter Berlin, New York
91. Ohba T, Cordero F Jr, Preece JW, Langland OE (1991)
The posterior wall of the maxillary sinus as seen in panoramic radiography.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 72: 375-378
92. Ohba T, Katayama H (1975)
Panoramic radiography of the maxillary sinus.
Oral Surg 39: 658-663
93. Ohba T, Katayama H (1976)
Comparison of panoramic radiography and Water's Projection
in the diagnosis of maxillary sinus disease.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 42 (4): 534-538
94. Ohba T, Langlais RP, Langland OE (1993)
Antral exostosis in panoramic radiographs.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 76 (4): 530-533
95. Ohba T, Langlais RP, Langland OE (1993)
Clinical significance of the panoramic innominate line in the diagnosis of a maxillary sinus carcinoma.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 76 (4): 533-536
96. Ohba T, Langlais RP, Morimoto Y, Tanaka T, Hashimoto K (2001)
Maxillary sinus floor in edentulous and dentate patients.
Indian J Dent Res 12 (3): 121-125

97. Ohba T, Ogawa Y, Shinohara Y, Hiromatsu T, Uchida A, Toyoda Y (1994)
Limitations of panoramic radiography in the detection of bony defects in the posterior wall of the maxillary sinus: an experimental study.
Dentomaxillofac Radiol 23: 149-153
98. Oktay H, (1992)
The Study of the maxillary sinus areas in different orthodontic malocclusions.
Am J Orthod Dentofac Orthop 102 (2): 143-145
99. Ordman J, Cleaton-Jones P, Mizrahi E, Fatti LP (1987)
Head holder for Panoramic dental Radiography.
The Angle Orthodontist 57 (4): 322-330
100. Owsley DW, Mann RW (1992)
Positive personal Identity of Skeletonized Remains using
Abdominal and Pelvic Radiographs.
J Forensic Sci 37: 332-336
101. Paatero YV (1958)
Orthoradial jaw pantomography.
Ann Med Int Feun 48: 222
102. Paewinsky E, Schumacher C, Pfeiffer H, Brinkmann B (2003)
Zur Lebensaltersbestimmung am Orthopantomogramm (OPG).
Rechtsmedizin 13 (4): 230
103. Pasler FA, Visser H (2001)
Qualitätssicherung bei Panoramiaschichtaufnahmen.
ZWR 110 (7/8): 505-513
104. Patel JR, Manson-Hing LR (1986)
The horizontal plane in patient positioning for panoramic radiography.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 62 (3): 350-353
105. Perez CA, Farman AG (1988)
Diagnostic radiology of maxillary sinus defects.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 66: 507-512
106. Pfyffer A (1951)
Über die Spätfolgen der Sechsjahrmolarenextraktion.
Schweiz Mschr Zahnheilk 61: 565-587

107. Rahn R, Jakobs W (2003)
Häufigkeit von Fehlern bei Panoramaschichtaufnahmen.
Vortrag anlässlich der 37. Jahrestagung der ARö / DGZMK
am 28./29.11.2003 in Münster
108. Reschreiter C (1975)
Zur Morphologie des Sinus Maxillaris.
Zit. bei Nowak R, Mehlig G: Untersuchungen zum Verhalten der Pneumatisation des
Sinus maxillaris.
Anat Anz 138: 143-151
109. Ribeiro Fde A (2000)
Standardized measurements of radiographic films of the frontal sinuses:
an aid to identifying unknown persons.
Ear Nose Throat J 79 (1): 26-33
110. Riepert T, Flores Reyes M, Urban R (2001)
Postmortem roentgen diagnosis of the skull.
Arch Kriminol 208 (3-4): 65-71
111. Riepert T, Neumann C, Schweden F, Urban R (1996)
Zur Identifizierung von Leichen in der rechtsmedizinischen Praxis.
Arch Kriminol 198: 23-30
112. Riepert T, Schweden F, Schild H, Rittner C (1995)
The identification of unknown corpses by x-ray comparison.
Röfo Fortschr Geb Röntgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 162 (3): 241-245
113. Riepert T, Ulmcke D, Schweden F, Nafe B (2001)
Identification of unknown dead bodies by x-ray comparison of the skull
using the x-ray simulation programm FoXSIS.
Forensic Sci Int 117 (1-2): 89-98
114. Ritter, W (1988)
Röntgenuntersuchung der Zähne des Kiefers und des Gesichtsskelettes.
In: Schwenzer N, Grimm G (Hrsg.): Zahn-Mund- und Kieferheilkunde, Band 1.
Thieme Verlag Stuttgart, New York
115. Röntgenverordnung (RöV) (2002)
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen. Letzte Aktualisierung
der Version von 1987
Deutscher Ärzte Verlag Köln

116. Rothwell BR (2001)
Principles of dental identification.
Dent Clin North Am 45: 253-270
117. Rottke B (1987)
Der Stand der Panoramatechnik.
ZM 77 (9): 958-964
118. Ruddiman RA, Kerr NW, Gillanders LA (1969)
Identification by comparison.
Br Dent J 127: 505-507
119. Rushton VE, Horner K, Worthington HV (1999)
The quality of panoramic radiographs in a sample of general dental practices.
Br Dent J 186: 630-633
120. Sailer HF, Delnon HP, Marxer HJ (1987)
Anwendung der Kongruenzorthopantomographie (D-Kongrator)
in der Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie.
Fortschritte der Kiefer-Gesichts-Chirurgie 32: 29-31
121. Sainio P, Syrjänen SM, Komakow S (1990)
Positive Identification of victims by comparison of ante-mortem and post-mortem
dental radiographs.
J Forensic Odontol Stomatol 8 (1): 11-16
122. Sanderink GC, Visser WN, Kramers EW (1991)
The origin case of severe image distortion in rotational panoramic radiography.
Dentomaxillofac Radiol 20 (3): 169-171
123. Scheutzel P (1987)
Ursprünge und Entwicklungen der zahnärztlichen Röntgenologie.
Med Diss Münster
124. Scheutzel P (1989)
Entwicklung der zahnärztlichen Panoramaröntgenaufnahmen.
ZM 79: 2322
125. Schiff T, D'Ambrosio J, Glass BJ, Langlais RP, Mc David WD (1986)
Common positioning and technical errors in panoramic radiography.
J Am Dent Assoc 113: 422-426

126. Schuller A (1921)
Das Röntgenogramm der Stirnhöhle – ein Hilfsmittel für die Identifikationsbestimmung von Schädeln.
Monatsschr Ohrenh 55: 1617-1620
127. Schulz D, Bührmann K (1987)
Pathologische Veränderungen der Kieferhöhle – wichtige Nebenfunde bei der kieferorthopädischen Röntgendiagnostik.
Fortschr Kieferorthop 48 (4): 298-312
128. Schumacher GH (1971)
Topographische Anatomie der Kieferhöhle.
Deutsche Stomatologie 21: 231-236
129. Shankar L, Evans K, Hawke M, Stammberger H (1994)
Atlas der Nasennebenhöhlen.
Chapman & Hall GmbH Weinheim
130. Soikkonen K, Ainamo A (1995)
Radiographic maxillary sinus findings in the elderly.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 80 (4): 487-491
131. Sopher IM (1972)
The dentist, the forensic pathologist, and the identification of human remains.
J Am Dent Assoc 85: 1324
132. Sopher IM (1976)
Forensic Dentistry.
Charles C. Thomas
Publ. London
133. Spitzer WJ, Binger T (2000)
Roentgen diagnosis in oromaxillofacial surgery.
Mund Kiefer Gesichtschir 4 (1): 270-277
134. Stallard JA, Stallard RE (1974)
Panoramic radiography.
Dental Assistant 43 (10): 12-17
135. Stevens PJ (1972)
Some problems of identification.
Practitioner 209: 279-286

136. Stramotas S, Geenty JP, Petocz P, Darendeliler MA (2002)
Accuracy of linear and angular measurements on panoramic radiographs taken at various positions in vitro.
European Journal of Orthodontics 24: 43-52
137. Teige K (1981)
Röntgenidentifikation von Leichen anhand der knöchernen Strukturen der vorderen Brustwand.
Arch Krim 168: 70-86
138. Ulm CW, Solar P, Krennmair G, Matejka M, Watzek G (1995)
Incidence and suggested surgical management of septa in sinus lift procedures.
Int J Oral Maxillofac Impl 10: 462-465
139. Underwood AS (1910)
An inquiry into the anatomy and pathology of the maxillary sinus.
J Anat Physiol 44: 354-369
140. Updegrave WJ (1966)
The role of panoramic radiography in diagnosis.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 22: 49
141. Vuong L, Buchet R (1979)
Apport de la radiographie panoramique dans l'exploration des sinus maxillaires.
J Radiol 60: 783-788
142. Waaler E (1972)
Personal identification in mass disasters.
Bull N Y Acad Med
143. Wakoh M, Kuroyanagi K (1991)
Mathematical approach to horizontal and vertical magnification factors in rotational panoramic radiography – with attention to redundant shadows.
Bulletin of the Tokyo dental college 32 (3): 87-94
144. Waldeyer A (1973)
Anatomie des Menschen.
Zweiter Teil: Kopf und Hals, Auge, Ohr, Gehirn Arm, Brust.
de Gruyter Berlin New York
145. Warren MW, Falsetti AB, Kravchenko II, Dunnam FE, Van Rinsvelt HA (2002)
Elemental analysis of bone: proton-induced x-ray emission testing in forensic cases.
Forensic Sci Int 125: 37-41

146. Weerda H (1988)
Die rhinogene Sinusitis maxillaris.
Pathogenese, Diagnostik und Therapie.
Dtsch Zahnärztl Z 43: 1233-1236
147. Wehrbein H, Bauer W, Wessing G, Diedrich P (1990)
Der Einfluß des Kieferhöhlenbodens auf die orthodontische Zahnbewegung.
Fortschr Kieferorthop 51: 345-351
148. Wehrbein H, Diedrich P (1992)
Die fortschreitende Pneumatisation der basalen Kieferhöhle
nach Extraktion und Lückenschluß.
Fortschr Kieferorthop 53: 77-83
149. Williams FJ, Hudson FR, Markus AF (1986)
Rotational panoramic radiography: a comparison of radiation doses
in the standard and reverse positions.
Br J Radiol 59 (708): 1219-1223
150. Wood RE, Chi-Chia ET, Douglas J (1994)
Digitized Slice Interposition in Forensic Dental Radiographic Identification.
Am J Forensic Med Pathol
151. Wyatt DL, Farmann AG, Orbell GM, Silveira AM, Scarfe WC (1995)
Accuracy of dimensional and angular measurements from panoramic and lateral
oblique radiographs.
Dentomaxillofacial Radiology 24 (4): 225-231
152. Zachert H (1991)
Das Bundeskriminalamt – Gestern, Heute, Morgen.
Kriminalistik 45: 682-687

9 Anhang

9.1 Abbildungen

F	=	Film
O	=	Rotationszentren
A	=	Röntgenröhre
X	=	Strahlenbündel
1-3	=	Position des Strahlers
I-III	=	Position des Filmes analog zu 1-3

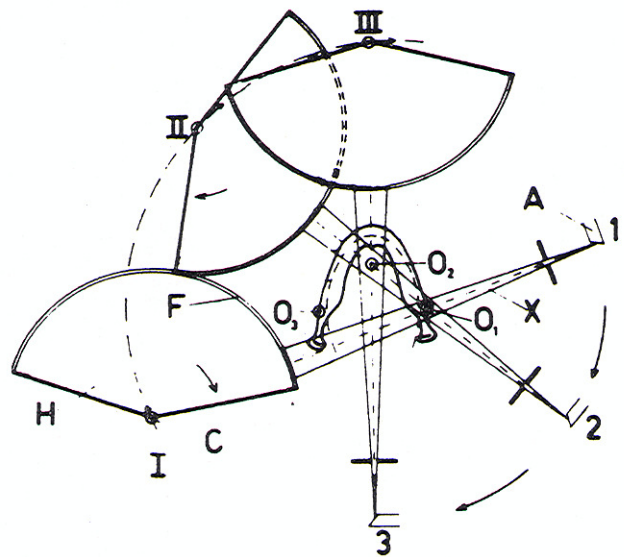


ABBILDUNG 6: *Schema I zur Bildentstehung und Legende*

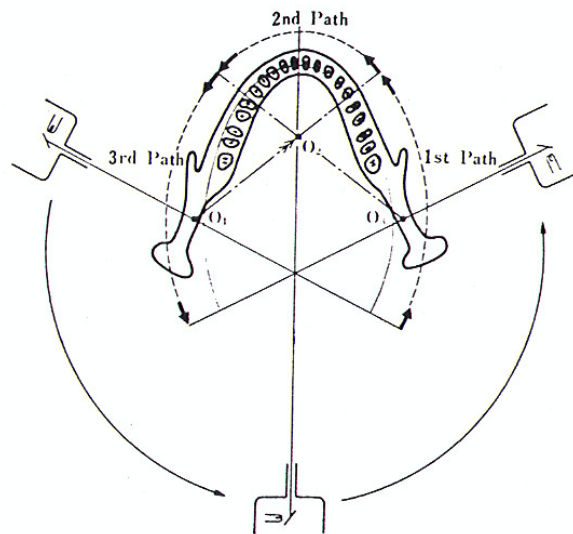


ABBILDUNG 7: Schema zu den drei Rotationszentren

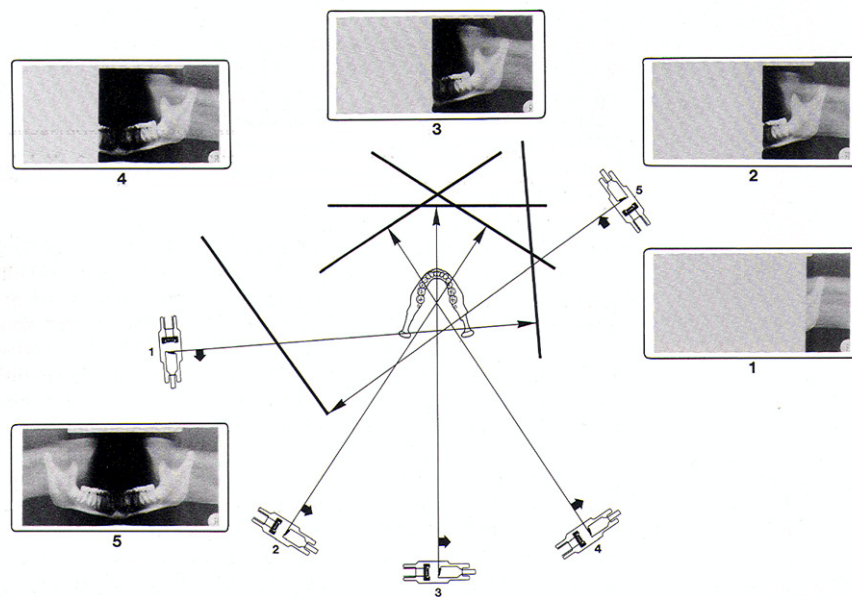
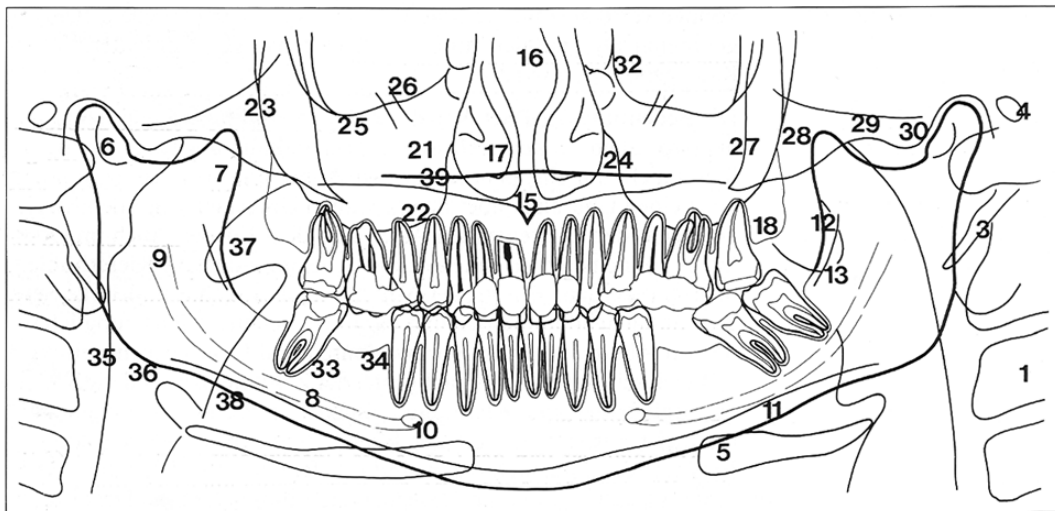
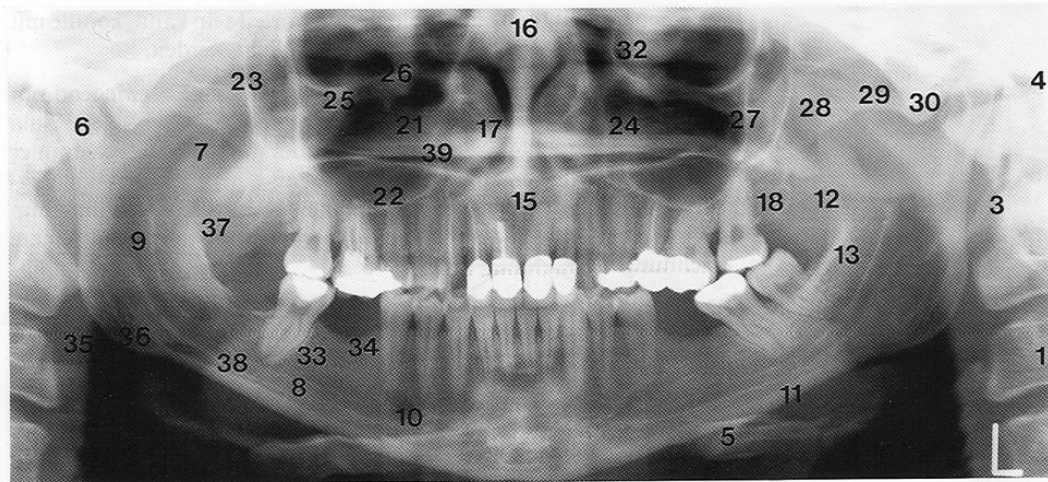


ABBILDUNG 8: Schema II zur Bildentstehung



♀, 26 J. Röntgenanatomie der PSchA, oben: Röntgenbild, unten: Durchzeichnung

Peripherie:

- 1 Wirbelsäule (3. Halswirbel)
- 3 Processus styloideus
- 4 äußerer Gehörgang
- 5 Zungenbein
- Unterkiefer:**
- 6 Processus condylaris
- 7 Processus coronoideus
- 8 Canalis mandibulae
- 9 Foramen mandibulae
- 10 Foramen mentale
- 11 basale Kompakta
- 12 Linea obliqua
- 13 Crista buccinatoria

Mittelgesicht:

- 15 Spina nasalis anterior
- 16 Nasenscheidewand
- 17 untere Muschel
- 18 Tuber maxillae
- 21 Kieferhöhle
- 22 Boden der Kieferhöhle
- 23 Hinterwand der Kieferhöhle
- 24 nasale Wand der Kieferhöhle
- 25 Infraorbitalrand
- 26 Canalis infraorbitalis
- 27 Linea innominata (dorsale Fläche des Processus zygomaticus maxillae)

28 Jochbein

- 29 Jochbogen
- 30 Tuberculum articulare
- 32 Siebbeinzellen

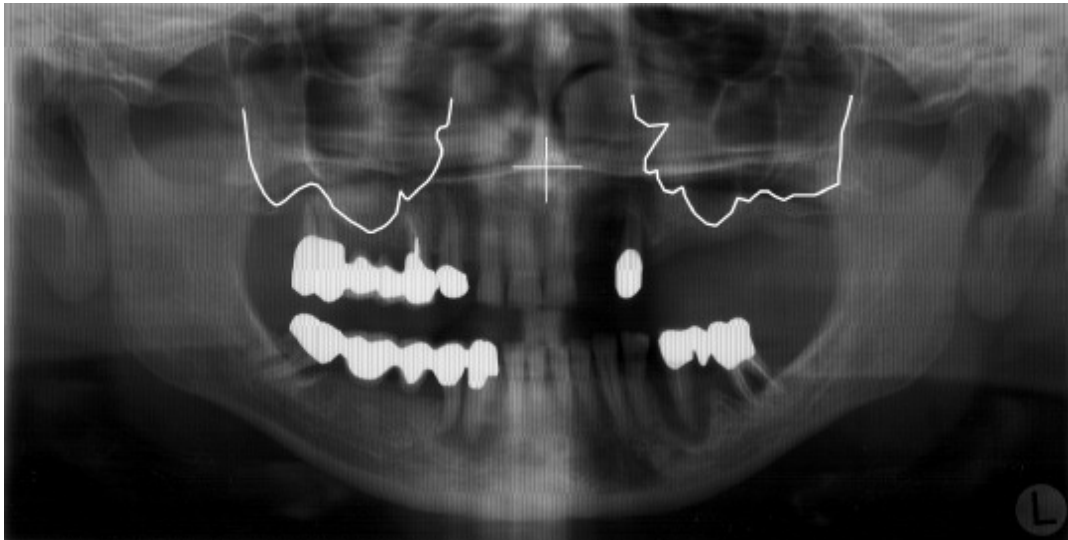
Alveolarfortsatz:

- 33 Lamina dura
- 34 Arcus alveolaris

Überlagerungseffekte:

- 35 Rachenhinterwand
- 36 Rachen
- 37 weicher Gaumen
- 38 Zungenwurzel
- 39 harter Gaumen (Gaumendach, Nasenboden)

ABBILDUNG 9: Röntgenanatomie im Orthopanthomogramm (hier: PSchA)



BAA + AAABBB

ABBILDUNG 10: Exemplarische Darstellung einer Datenerhebung / -übertragung:
Dargestellt sind das OPG (oben*) mit der daraus resultierende Durchzeichnung (Mitte) und
der Buchstabensignatur (unten).

Dieser Fall gehört der Gruppe 1b / 2b / a (vgl. Seite 68) an.

* Die basale Sinusbegrenzung ist hier zur besseren Erkennbarkeit weiß markiert.

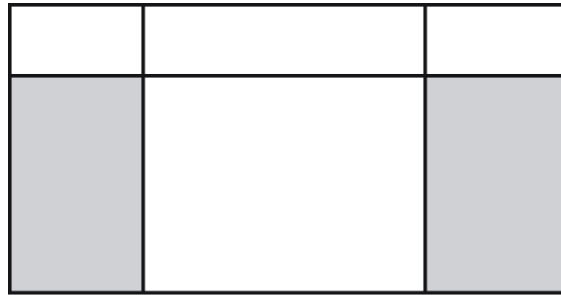


ABBILDUNG 11: *In den grauen Flächen der Panoramaschichtaufnahme liegen die realen Bilder, die zur Entstehung der primären Ghost-images führen*

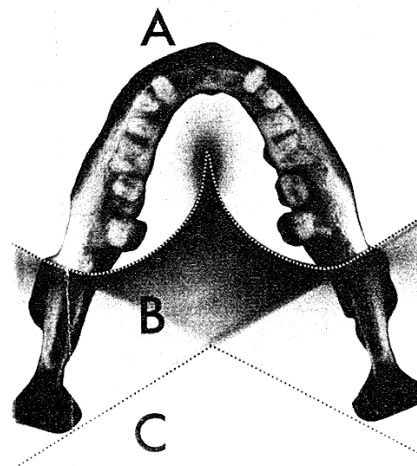


ABBILDUNG 12: *Unterkiefer im Strahlengang beim Panoramaschichtaufnahmeverfahren:
Lage des Objektes im Raum.
A: keine Ghost-images, B: primäre Ghost-images, C: sekundäre Ghost-images*

9.2 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1:	Orthopantomographen der Zahnklinik Münster von 1972 bis heute.....	59
Abbildung 1:	Altersstruktur im Patientengut.....	57
Abbildung 2:	Anzahl der Aufnahmen pro Patient.....	57
Abbildung 3:	Prozentuale Häufung der Zeitdifferenz zwischen den Aufnahmen.....	58
Abbildung 4:	Prozentuale Verteilung der zuzuordnenden Befundkarten.....	59
Abbildung 5:	Ursachen für die misslungenen Identifikationen und Anteil an der Gesamtzahl.....	70
Abbildung 6:	Schema I zur Bildentstehung und Legende.....	I
Abbildung 7:	Schema zu den drei Rotationszentren.....	II
Abbildung 8:	Schema II zur Bildentstehung.....	II
Abbildung 9:	Röntgenanatomie im Orthopantomogramm.....	III
Abbildung 10:	Exemplarische Darstellung der Datenerhebung / übertragung.....	IV

Abbildung 11: In den grauen Flächen der Panoramascichtaufnahme liegen die
realen Bilder, die zur Entstehung der primären Ghost-images führen.....V

Abbildung 12: Unterkiefer im Strahlengang beim Panoramascichtaufnahmeverfahren.....V

9.3 Lebenslauf

Geboren	am 19. Dezember 1977 in Minden/Westf.
Eltern	Dr. Uwe Welp, Gynäkologe Barbara Welp, Hausfrau
Geschwister	Dr. Marion Welp, Anwältin Melanie Welp, Unternehmensberaterin Leonie Welp, Schülerin
Schulbildung	1984 – 1988 Kath. Grundschule Domschule in Minden 1988 – 1997 Besselgymnasium Minden
Schulabschluss	11. Juli 1997 Abitur
Studium Zahnmedizin	Sommersemester 1998 bis Sommersemester 2003 Westfälische Wilhelms Universität Münster
Naturwissenschaftliche Vorprüfung	13. September 1999 Westfälische Wilhelms Universität Münster
Zahnärztliche Vorprüfung	26. September 2000 Westfälische Wilhelms Universität Münster
Zahnärztliche Prüfung	10. Juli 2003 Westfälische Wilhelms Universität Münster
Approbation als Zahnärztin	24. Juli 2003 Bezirksregierung Münster
Berufliche Tätigkeit	seit Januar 2004 Vorbereitungsassistentin

9.4 Danksagung

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Alfred Du Chesne, danke ich für die freundliche Überlassung des Themas sowie für die zügige und konstruktive Bearbeitung dieser Dissertationsschrift.

Meinem lieben Benedikt danke ich für die bedingungslose, ideenreiche und unermüdliche Unterstützung in allen Schaffensphasen.

Herrn Michael Artz danke ich für die allzeit spontane Hilfe und sein kreatives Einbringen bei zahlreichen Fragen der EDV-Umsetzung.

Der Klinik für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Münster danke ich für die großzügige Bereitstellung von Datenmaterial.