

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Untersuchungen zur radiologischen Sichtbarkeit der Wurzelpulpa
und des Parodontalspalts unterer dritter Molaren**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Michael Alexander Kupfer

aus Stuttgart

Gutachter/in: 1. Priv.-Doz. Dr. med. dent. A. Olze
 2. Prof. Dr. med. M. Tsokos
 3. Prof. Dr. med. R. Lessig

Datum der Promotion: 04.02.2011

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
2.	Aufgabenstellung	8
3.	Forensische Altersdiagnostik bei Lebenden – Methoden und Rechtsgrundlagen	9
4.	Grundlagen der Zahnmineralisation	24
5.	Material und Methode	27
6.	Ergebnisse	30
7.	Diskussion	36
8.	Zusammenfassung	66
9.	Literaturverzeichnis	67
10.	Eidesstattliche Erklärung	77
11.	Lebenslauf	78
12.	Danksagung	79

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Radiologische Untersuchung, ausgereiftes Handskelett	12
Abbildung 2	Stadieneinteilung der Ossifikation der Schlüsselbein- Brustbein-Gelenke nach Schmeling (2004)	12
Abbildung 3	Stadieneinteilung Merkmal <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> (Olze et al. 2010)	28
Abbildung 4	Stadieneinteilung Merkmal <i>Sichtbarkeit Parodontalspalt</i> (Olze et al. 2010)	29
Abbildung 5	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> , Geschlecht weiblich, Zahn 38	31
Abbildung 6	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> , Geschlecht männlich, Zahn 38	31
Abbildung 7	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> , Geschlecht weiblich, Zahn 48	32
Abbildung 8	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> , Geschlecht männlich, Zahn 48	32
Abbildung 9	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>Sichtbarkeit Parodontalspalt</i> , Geschlecht weiblich, Zahn 38	34

Abbildung 10	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>-Sichtbarkeit Parodontalspalt-</i> , Geschlecht männlich, Zahn 38	34
Abbildung 11	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>Sichtbarkeit Parodontalspalt</i> , Geschlecht weiblich, Zahn 48	35
Abbildung 12	Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium <i>Sichtbarkeit Parodontalspalt</i> , Geschlecht männlich, Zahn 48	35
Abbildung 13	Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1950)	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Alters- und Geschlechtsverteilung	27
Tabelle 2	Stadieneinteilung Merkmal <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> (Olze et al. 2010)	28
Tabelle 3	Stadieneinteilung Merkmal <i>Sichtbarkeit Parodontalspalt</i> -PAS- (Olze et. al. 2010)	28
Tabelle 4	Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> , Zähne 38 und 48, Geschlecht weiblich	30
Tabelle 5	Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal <i>Sichtbarkeit Wurzelkanäle</i> , Zähne 38 und 48, Geschlecht männlich	30
Tabelle 6	Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal <i>Sichtbarkeit Parodontalspalt</i> , Zähne 38 und 48, Geschlecht weiblich	33
Tabelle 7	Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal <i>Sichtbarkeit Parodontalspalt</i> , Zähne 38 und 48, Geschlecht männlich	33

1. Einleitung

Die forensisch-odontologische Altersschätzung menschlicher Individuen spielt traditionell bei der Identifizierung von unbekanntem Toten eine wichtige Rolle, da vor allem die Zähne wegen ihrer hohen Widerstandsfähigkeit gegen äußere Reize als Substrat zur Eingrenzung des Lebensalters dienen können. Über eine Eingrenzung des möglichen Lebensalters kann der infrage kommende Personenkreis oft eingeschränkt werden, was meist zu einer Verdichtung und Konzentration der Bemühungen der Ermittlungsbehörden führt und eine schnelle Identifizierung des betreffenden Opfers ermöglicht.

In Deutschland, aber auch in zahlreichen anderen Ländern, ist der Anteil von Ausländern mit Migrationshintergrund in der Bevölkerung in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Gemäß Integrationsbericht der Bundesregierung lebten in Deutschland im Jahr 2009 15,3 Millionen Migranten.

Aus rechtsmedizinischer Perspektive ist diese Entwicklung bereits seit einigen Jahren mit einer wachsenden Nachfrage nach forensischen Altersschätzungen bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen verbunden (Schmeling et al. 2001b). Die zu untersuchenden Personen sind Ausländer ohne gültige Ausweispapiere, die ihr Alter nicht kennen oder mutmaßlich falsch angeben. Die juristisch bedeutsamen Altersgrenzen sind in Deutschland das 14., 18. und 21. Lebensjahr (Kaatsch 2001). Auch in zahlreichen anderen europäischen Ländern liegen die rechtsrelevanten Altersgrenzen zwischen dem 14. und 18. Lebensjahr (Dünkel 1997).

Weisheitszahnmineralisation und -eruption stellen die Hauptkriterien der forensisch-odontologischen Altersschätzung in der relevanten Altersgruppe dar. Zwischenzeitlich ist der zeitliche Ablauf der Weisheitszahnmineralisation und -eruption für die einzelnen Ethnien gut untersucht. Eine sichere Abgrenzung des 18. Lebensjahres ist mit den bislang zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden nicht möglich. Eine Diversifizierung und Erweiterung des zur Verfügung stehenden forensisch-odontologischen Methodenspektrums ist wünschenswert.

2. Aufgabenstellung

In der forensisch-odontologischen Altersschätzungsroutine wurde deutlich, dass der Parodontalspalt und/ oder die Wurzelkanäle voll entwickelter dritter Molaren im Orthopantomogramm in bestimmten Fällen ganz oder teilweise unsichtbar waren.

In der vorliegenden retrospektiven Studie sollte untersucht werden, inwieweit die beobachteten Phänomene klassifizierbar sind, und wenn ja, ob einzelne Stadien in Weiterentwicklung bewährter Stadieneinteilungen unterteilbar sind, bestimmten Lebensaltern zugeordnet werden können und ob eine für die Altersschätzungsroutine wichtige, sichere Abgrenzung des Erreichens des 18. Lebensjahrs gelingt.

3. Forensische Altersdiagnostik bei Lebenden - Methoden und Rechtsgrundlagen

Die forensische Altersschätzung Lebender ist in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus des gesellschaftlichen Interesses gerückt. Die Aufgabe besteht darin, für Personen, die nicht willens oder in der Lage sind, ihr korrektes Lebensalter anzugeben und durch Urkunden oder Ausweise zu belegen, dieses anhand biologischer Entwicklungszeichen gutachterlich einzuschätzen.

Entsprechend den Empfehlungen der interdisziplinären Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik (AGFAD), welche sich am 10.03.2000 in Berlin konstituierte, sollten für eine Altersschätzung im Strafverfahren eine zahnärztliche Untersuchung mit Erhebung des Zahnstatus und Auswertung eines Orthopantomogramms, eine körperliche Untersuchung mit Erfassung anthropometrischer Maße, der sexuellen Reifezeichen sowie möglicher altersrelevanter Entwicklungsstörungen, und ferner eine radiologische Untersuchung der linken Hand eingesetzt werden. Zur Frage der Vollendung des 21. Lebensjahres wird eine zusätzliche Röntgen- bzw. CT-Untersuchung der Schlüsselbeine empfohlen (Schmelting et al. 2001a, 2001b). Die zuverlässigste Altersdiagnose ergibt sich aus der Synopsis der Teilgutachten (Geserick et al. 2002).

Körperliche Untersuchung. Bei der körperlichen Untersuchung werden neben anthropometrischen Maßen, wie Körperhöhe, Körpergewicht und Körperbautyp, die äußerlich erkennbaren sexuellen Reifezeichen erfasst. Bei Jungen sind dies der Entwicklungsstand von Penis und Hodensack, Schambehaarung, Achselhöhlenbehaarung, Bartwuchs und Kehlkopfprominenz; bei Mädchen die Brustentwicklung, Schambehaarung, Achselhöhlenbehaarung und Hüftform. Allgemein gebräuchlich sind die Stadieneinteilungen nach Tanner (1962) für die Genitalentwicklung, Brustentwicklung und Ausprägung der Schambehaarung. Hinsichtlich des zeitlichen Verlaufes der sexuellen Reifeentwicklung sei exemplarisch auf Untersuchungen von Marshall und Tanner (1969, 1970) verwiesen. Im Rahmen der körperlichen Untersuchung ist zu prüfen, ob altersrelevante Entwicklungsstörungen vorliegen.

Radiologische Untersuchung. Der menschliche Stützapparat ist in der Embryonalperiode weitgehend als knorpelige Vorstufe angelegt, bei dem zunächst ein hyalines Knorpelmodell des jeweiligen Skelettstückes gebildet wird, welches im

Laufe der Entwicklung schrittweise durch Knochengewebe ersetzt wird. Das Erscheinen von Knochenkernen als Ossifikationszentren erlaubt in frühem Kindesalter bis etwa zum zehnten Lebensjahr eine sichere Altersdiagnostik.

Bis etwa zum 15. Lebensjahr erreichen dann die einzelnen Knochelemente ihre endgültige Form und Größe.

Durch Epiphysenfugen oder –scheiben erfolgt eine ständige Knorpelneubildung die nach den Knochenenden hin ständig Knorpelgewebe abbauen. Dieses Knorpelgewebe wird durch Knochengewebe ersetzt und stellt demnach für den Knochen junger Menschen indirekte Wachstumszentren dar, die das Längenwachstum gewährleisten. Sie werden im Laufe des Lebens mehr oder weniger aufgebraucht und durch Knochengewebe verdrängt und bieten nach dem 15. Lebensjahr die beste Möglichkeit zur Altersschätzung. Die Epiphysenfuge verknöchert zur Epiphysennarbe, ein Prozess, der etwa um das 20. Lebensjahr seinen Abschluss erfährt, also im Alter des Heranwachsenden beziehungsweise Erwachsenen knöchern geschlossen wird. Aus diesem Grund ist die radiologische Untersuchung der Epiphysenfugen für die rechtlich bedeutsamen Altersgrenzen von besonderem Wert.

Die Röntgenaufnahme des Handskeletts steht stets am Anfang der röntgenologischen Untersuchung (Abb.1). Kriterien zur Bewertung sind der Entwicklungsstand der Handwurzelknochen sowie der Epiphysenfugen der langen und kurzen Knochen des Hand- und des distalen Unterarmskeletts, aber auch Formen- und Größenparameter des Handskeletts sowie die Anlage und Konfiguration der Sesambeine. Dieses Verfahren ist bewährt, wird seit Jahrzehnten insbesondere von Kinderärzten und Kieferorthopäden erfolgreich eingesetzt und ist insgesamt als eine etablierte Methode mit hoher diagnostischer Wertigkeit einzuschätzen. Da in jeder Population die Rechtshänder überwiegen und somit die rechte Hand wesentlich häufiger Traumen und größeren Beanspruchungen ausgesetzt ist, welche die Skelettentwicklung stören können, wurde die linke Hand vereinbart.

Die Vorteile der Handröntgenaufnahme liegen in der guten Durchführbarkeit bei standardisierten Bedingungen. Weiterhin bietet sie eine große Anzahl an Einzelparametern, da 30 Knochenzentren, das heißt zehn Prozent des gesamten Skeletts und somit die meisten Verknöcherungszonen, beurteilt werden können.

Beurteilungskriterien der Handröntgenaufnahme sind Form und Größe der einzelnen Knochenelemente sowie deren Verknöcherungszustand an den Epiphysenfugen. Des Weiteren ist eine geschlechtergetrennte Begutachtung vorzunehmen, da Mädchen gegenüber Jungen einen Entwicklungsvorsprung in der Skelettreifung zeigen. So beginnt der Wachstumsspur bei Mädchen mit zirka zehn und endet mit zirka 14,8 Jahren, wohingegen bei Jungen der Beginn bei zirka zwölf Jahren liegt und mit etwa 17 Jahren endet.

Bei den angefertigten Handröntgenbildern werden für die Altersschätzung zwei Methoden unterschieden. Zum einem die von Greulich und Pyle (1959) publizierte Atlasmethode, in der das vorliegende Röntgenbild mit Standardaufnahmen des jeweiligen Alters und Geschlechts verglichen wird. Zum anderen, die auf Tanner zurückführende Einzelknochenmethode, bei welcher für den ausgewählten Knochen der jeweilige Reifegrad beziehungsweise das Knochenalter bestimmt werden kann.

Die jüngste derzeit vorliegende Studie von Thiemann und Nitz (1986, 1991) bildet die Grundlage der Publikation „Röntgenatlas der normalen Hand im Kindesalter“ und repräsentiert aus insgesamt 5200 ausgewerteten Röntgenaufnahmen der Hand, Referenzwerte für die heutige Lebensalterschätzung. Aus insgesamt 20 medizinischen Einrichtungen der ehemaligen DDR wurden die 5200 Handröntgenaufnahmen in den Altersgruppen vom Neugeborenen bis zum 18jährigen angefertigt, ausgewertet und anschließend in einem Atlas zusammengefasst.

Ergibt sich aus der Beurteilung des Handskeletts ein geschätztes Lebensalter von 18 Jahren oder älter wird (bei Vorliegen eines richterlichen Beschlusses) zusätzlich eine Röntgenuntersuchung der Schlüsselbein-Brustbein-Gelenke durchgeführt. Sind die Epiphysenfugen der medialen Schlüsselbeinepiphysen komplett geschlossen, ist ein Lebensalter von mindestens 22 Jahren anzunehmen (Abb. 2).

Zur Aussagefähigkeit der Röntgenaufnahme des Handskeletts ist grundsätzlich festzustellen, dass eine Altersschätzung lediglich bis etwa zum 18. Lebensjahr mit hinreichender Sicherheit möglich ist, da dann das Skelett bei Gesunden vollständig ausgereift ist (Abb. 1) und nach diesem Zeitpunkt keine altersrelevanten Veränderungen der Skelettentwicklung mehr auftreten. Zur Beurteilung eines höheren Lebensalters sind zusätzliche Aufnahmen (mediale Schlüsselbeingelenke) anzufertigen. Weist das Reifungsstadium des Handskeletts aber auf ein Lebensalter

unter 18 Jahren hin, dürfen diese Zusatzaufnahmen nicht durchgeführt werden, da sie keine zusätzlichen Informationen erbringen.

Radiologische Untersuchung

- Röntgenuntersuchung der linken Hand
- ggf. Röntgenuntersuchung der Schlüsselbein-Brustbein-Gelenke



Abbildung 1: Radiologische Untersuchung, ausgereiftes Handskelett

Stadieneinteilung der Ossifikation der Schlüsselbein-Brustbein-Gelenke nach Schmelting et al. (2004)

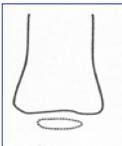
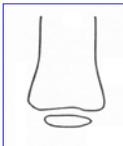
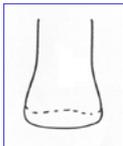
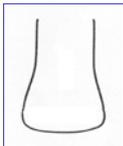
	1	2	3	4	5
					
					
Stadium	1	2	3	4	5
	Nicht verknöcherte mediale Epiphyse und fehlende kortikale Begrenzung der Metaphyse	Beginnende Epiphysenverknöcherung ohne Verschmelzung mit der Metaphyse	Partielle Fusion der Epiphyse mit der Metaphyse	Komplette Verschmelzung der Epiphyse mit der Metaphyse und Hinterlassen einer Epiphysennarbe	Vollständiges Verschwinden der Epiphysennarbe
Alter	weiblich	-	-	16-26	mind. 20
	männlich	-	-	16-24	mind. 21
					mind. 26

Abbildung 2: Stadieneinteilung der Ossifikation der Schlüsselbein-Brustbein-Gelenke nach Schmelting (2004)

Zum zeitlichen Verlauf der Ossifikation der medialen Clavikulaepiphysenfugen, als ein nützliches Merkmal zur forensischen Altersschätzung, liegen vielfache Untersuchungen vor, welche sich anhand der Beurteilung in anatomische Studien, bei denen die Ossifikation im Rahmen einer Sektion oder bei Beurteilung von Skeletten durch direkte Inspektion, oder in radiologischen Untersuchungen mittels konventioneller Technik oder Computertomographie, unterscheiden lassen.

In einer von Kreitner et al. (1998) durchgeführten retrospektiven Studie an 380 normal entwickelten unter dreißigjährigen Probanden, wurden für das Merkmal Verknöcherung der medialen Claviculaepiphysenfuge eine Stadieneinteilung mit vier Stadien vorgelegt und entsprechende statistische Maßzahlen für die untersuchte deutsche Population mitgeteilt.. Den Mittelwert für die komplett vorliegende Epiphysenunion bildete ein Lebensalter von 27, mit dem frühesten Beginn bei 22 Jahren.

In einer weiterführenden Studie haben Schmeling et al. (2004) darüber hinaus ein fünftes Stadium klassifiziert, welches sich durch ein vollständiges Verschwinden der Epiphysennarbe auszeichnet und bei beiden Geschlechtern mit einem Mindestalter von 26 Jahren auftritt.

Schmidt et al (2008a) überprüften retrospektiv die Atlasmethode nach Greulich und Pyle als am weitesten verbreitete Schätzmethode zur Bestimmung Skeletalters auf ihre Eignung für die forensische Altersschätzungspraxis. Zur Untersuchung kamen 649 Handradiogramme die bei ein bis achtzehnjährigen Patienten gefertigt worden waren. Unter Verwendung der Atlasmethode nach Greulich und Pyle konnte mit 95%iger Erfolgswahrscheinlichkeit bestimmt werden, ob der jeweilige männliche Proband das 14. Lebensjahr zum Zeitpunkt der Untersuchung erreicht hatte. Für weibliche Probanden ließ sich diese Aussage nicht mit der erforderlichen Irrtumswahrscheinlich treffen. Die Autoren empfehlen daher, zur Erhöhung der Aussagesicherheit die Anwendung der Atlasmethode nach Greulich und Pyle mit einer körperlichen Untersuchung mit Bestimmung der sexuellen Reifezeichen und einer zahnärztlichen Untersuchung der/ des Betreffenden zu kombinieren.

Schmidt et al. (2008b) überprüften retrospektiv die Eignung der Methode zur Schätzung des Skeletalters nach Tanner und Whitehouse hinsichtlich ihrer Eignung für die forensische Altersschätzungsroutine. Untersucht wurden die Handröntgenaufnahmen von 48 Jungen und 44 Mädchen im Alter von 12 bis 16 Jahren. Die Anwendung der TW2- Methode führte in der forensisch relevanten

Altersgruppe von 14 bis 16 Jahren zu einer Differenz zwischen skelettalem und chronologischem Alter von -0,1 bis +1,4 Jahren. Bei Anwendung der TW3- Methode betrug diese Differenz -0,4 bis +0,2 Jahre. Wegen des Risikos einer tendenziellen Überschätzung wurde die TW- Methode von den Autoren als für die Altersschätzungspraxis ungeeignet klassifiziert und die Anwendung der TW3- Methode empfohlen.

Forensisch-odontologische Untersuchung. Der Umfang der für die forensisch-odontologische Untersuchung des Betreffenden zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden hängt naturgemäß vom juristischen Untersuchungsanlass ab. Grundsätzlich kommt im Jugend- und jungen Erwachsenenalter den entwicklungsbiologischen Merkmalen Zahndurchbruch und Zahnmineralisation die größte forensische Bedeutung zu. Unter Zahndurchbruch soll der Zeitpunkt verstanden werden, an dem die Spitze des Zahns die Gingiva penetriert. Die Diagnose erfolgt durch Inspektion der Mundhöhle. Mit Ausnahme der dritten Molaren sind die Zähne des Dauergebisses im Durchschnitt etwa bis zum 12. Lebensjahr durchgebrochen. Die dritten Molaren brechen (zumindest in europäischen Populationen) erst nach dem 17. Lebensjahr durch (Müller 1983). Nach weiteren zwei bis vier Jahren wird die Kauebene erreicht (Berkowitz und Bass 1976). Die Zahnmineralisation wird anhand einer Übersichtsaufnahme der Gebissregion, dem so genannten Orthopantomogramm, beurteilt. Die Mineralisation beginnt mit der Bildung der Zahnkrone an der späteren Kaufläche und setzt sich dann über den Zahnhals zur Wurzel hin fort. Mit Abschluss der Wurzelbildung ist das Zahnwachstum, abgesehen von späteren Zementanlagerungen im Wurzelbereich, abgeschlossen. Lange war ungeklärt, inwiefern die ethnische Zugehörigkeit des zu Untersuchenden den zeitlichen Verlauf der Mineralisation und Eruption der Zähne und hier insbesondere der Weisheitszähne, als am längsten in der Entwicklung befindliche Zähne beeinflusst und inwieweit die für die Altersdiagnosen gebräuchlichen Referenzdaten, die an weißen Nordamerikanern sowie Mittel- und Nordeuropäern gewonnen worden sind, auch für Angehörige anderer ethnischer Gruppen verwendet werden können. Zwischenzeitlich wurde eine Anzahl von Studien vorgelegt, welche ethnische Unterschiede hinsichtlich des zeitlichen Durchlaufens der verschiedenen Stadien der Weisheitszahnmineralisation und -eruption beschreiben (Olze et al. 2004d, Olze et al. 2007). Nach Auffassung der

Autorin besteht in der Literatur Konsens über die Notwendigkeit der Verwendung populationsspezifischer Standards in der Altersschätzungspraxis.

Olze et al. (2004a, 2004b, 2004c) untersuchten darüber hinaus, inwieweit anhand eines Orthopantomogramms ein klinisch bedeutsamer Parameter, wie der Ausprägungsgrad des parodontalen Knochenabbaus oder der DMF-Index, zur Altersschätzung herangezogen werden kann und Aussagen zur Vollendung des 21. Lebensjahres erlaubt. Gingiva, Wurzelzement, periodontales Ligament (Desmodont) und Alveolenkorkortikalis bilden den Zahnhalteapparat (Parodontium). Die Parodontalerkrankungen umfassen Veränderungen an diesen Strukturen. Mit zunehmendem Lebensalter gewinnen atrophische und degenerative Veränderungen am Parodontium an Bedeutung (Henning 1989). Ferner unterliegt das Pulpa- Dentin-System fortschreitenden biomorphotischen Veränderungen (Zuhrt 1991), welche das umliegende Parodontium beeinflussen können. Darüber hinaus bedingen entzündliche Veränderungen des Parodontiums einen entsprechenden Abbau der parodontalen Gewebe. Gingivitis und Parodontitis sind Ausdruck der entzündlichen Reaktion des Parodonts, ausgelöst durch supra- und vor allem subgingivale Plaques, die in unmittelbarer Umgebung zu den parodontalen Geweben direkten Einfluss auf diese ausüben. Die Metaboliten der Plaque bauen wichtige Bestandteile der Interzellulärschicht, wie Kollagen, Hyaluronsäure und Chondroitinsulfat, ab. Endotoxine aktivieren das Komplementsystem und induzieren eine akute Inflammation; dadurch zerstören und lockern sie das dichte epitheliale und bindegewebige Gefüge auf und schädigen die Zellen des Wirts (Flores De Jacobi 1987). Die Permeabilität des Saumeithels nimmt zu, dadurch wird die Passage entzündungsfördernder Stoffwechselprodukte der Plaque in tiefere Gewebeabschnitte begünstigt. Es kommt zu einem Attachmentverlust, der klinisch-röntgenologisch durch Taschenbildung ohne beziehungsweise mit Gingivarezession und Knochenabbau manifest wird (Merte 1992). Referenzbereiche für den Grad des Befestigungsverlustes sind Schmelz-Zement-Grenze und klinischer Taschenfundus beziehungsweise röntgenographische Knochengrenze.

Olze et al. (2004b) untersuchten insgesamt 650 konventionell gefertigte Orthopantomogramme von deutschen Personen im Alter von 18 – 30 Jahren. Pro Altersgruppe wurden jeweils 25 Aufnahmen von männlichen und weiblichen Probanden ausgewertet. Der parodontale Knochenabbau wurde an den zweiten Prämolaren aller vier Quadranten bestimmt. Berücksichtigt wurden nur karies- und

restaurationsfreie Zähne. Hierzu wurde eine vierstufige Stadieneinteilung verwendet. Die Stadien wurden folgendermaßen definiert:

- Stadium 0: Kein Knochenabbau
- Stadium 1: Beginnender Knochenabbau, wobei weniger als die Hälfte des ersten Wurzeldrittels betroffen ist
- Stadium 2: Fortgeschrittener Knochenabbau, wobei bis zu einem Drittel der Wurzellänge betroffen ist
- Stadium 3: Erheblicher Knochenabbau, wobei mehr als ein Drittel der Wurzellänge betroffen ist

Olze et al. (2004b) geben an, dass ein zunehmender parodontaler Knochenabbau gut mit einem Altersanstieg der untersuchten Probanden korreliert. Es ließ sich bei beiden Geschlechtern ganz überwiegend ein Anstieg der Mediane mit zunehmendem Stadium feststellen. Insbesondere in den mittleren Stadien waren beträchtliche Streubreiten zu verzeichnen. So lagen die Interquartilabstände in den Stadien 1 und 2 zwischen drei und acht Jahren; in diesen Stadien ergaben sich Spannweiten zwischen zehn und zwölf Jahren. Ab dem Stadium 1 betrug die Mediane für alle untersuchten Zähne und beide Geschlechter mindestens 21 Jahre. Bei einem nachweisbaren parodontalen Knochenabbau war bei den Probanden somit die Vollendung des 21. Lebensjahrs überwiegend wahrscheinlich. Ein unteres Quartil von mindestens 21 Jahren trat regelmäßig ab dem Stadium 2 auf, das heißt 75% der Untersuchten mit einem fortgeschrittenen parodontalen Knochenabbau waren mindestens 21 Jahre alt. Ein Stadium 3 wurde in der untersuchten Stichprobe bei Männern frühestens mit 25 Jahren festgestellt. Es handelte sich hierbei aber um ein seltenes Ereignis (3,7% der Fälle). Bei den untersuchten Frauen trat das Stadium 3 vereinzelt bereits mit 20 Jahren auf. Als Ursache für die in der vorliegenden Untersuchung festgestellte, nicht unbeträchtliche interindividuelle Variation hinsichtlich der Ausprägung des parodontalen Knochenabbaus ist die multifaktorielle Genese der Parodontopathien zu diskutieren, wobei auch den Umweltfaktoren eine beträchtliche Rolle zukommt. So sind für die Ausbildung von Parodontopathien neben genetisch determinierten Immundefekten, systemischen Erkrankungen und Viren auch bestimmte Gewohnheiten, wie der allgemeine Umgang mit Gesundheit, Rauchen, Alkoholkonsum und Medikationen, das soziale Umfeld sowie psychische

Faktoren maßgeblich (Reichart 2000). Unter den vermeidbaren Risiken von Parodontalerkrankungen steht der Tabakkonsum an erster Stelle (Rataitschak 2004). So zeigten mehrere kontrollierte Studien bei Rauchern größere Werte klinischer Parameter, wie sondierbare Taschentiefe, Attachment- Verlust, Pusaustritt und Furkationsbefall (Brunnemann und Hoffmann 1981, Bergström und Preber 1994, Brochut und Cimasoni 1997, Salvi et al. 1997, Bergstrom 2004, Tanaka et al. 2005). Die Risikoabschätzung zeigte ein 2- bis 14fach erhöhtes Risiko des Rauchers im Vergleich zum Nichtraucher für Zahnfleischentzündungen und ein 2,5- bis 6fach erhöhtes Risiko für Parodontalerkrankungen (Liebrecht 2002). Auch die individuelle Mundhygiene hat einen großen Einfluss auf die Ausbildung parodontaler Erkrankungen. So führt die tägliche, gründliche aber schonende, systematische Plaqueentfernung durch Zähneputzen zu einer Reduzierung des Parodontitisrisikos (Lang et al. 1998). Der Einfluss von Umweltfaktoren, wie Rauchen und Mundhygiene, erklärt die beträchtliche interindividuelle Variation bei der Ausprägung des parodontalen Knochenabbaus. Zusammenfassend konnten die Autoren feststellen, dass ein zunehmender parodontaler Knochenabbau in der untersuchten Stichprobe gut mit einem Altersanstieg der Probanden korrelierte und somit als ergänzendes Kriterium der forensischen Altersdiagnostik im jungen Erwachsenenalter gelten kann. Es blieb jedoch unklar, ob die in der vorliegenden Arbeit präsentierten Referenzwerte auch auf Personen anderer ethnischer Zugehörigkeit übertragbar sind. Bei einem beginnenden parodontalen Knochenabbau (Stadium 1) war die Hälfte der Untersuchten mindestens 21 Jahre alt. 75% der Untersuchten mit einem fortgeschrittenen parodontalen Knochenabbau (Stadium 2) hatten das 21. Lebensjahr vollendet. Alle männlichen Probanden mit einem erheblichen Knochenabbau (Stadium 3) waren deutlich älter als 21 Jahre, wobei dieses Stadium in der untersuchten Altersgruppe nur selten vorkam.

Der DMF-Index zur Kennzeichnung der Kariesprävalenz einer Bevölkerung wurde erstmals von Klein et al. (1938) beschrieben. Der DMF-S- beziehungsweise DMF-T-Index beschreibt die Anzahl von Zahnflächen (Surfaces) beziehungsweise der Zähne (Teeth) im bleibenden Gebiss, die zerstört (Decayed), aufgrund von Karies extrahiert (Missing) oder gefüllt (Filled) wurden. In den bislang vorliegenden Untersuchungen wurde der DMF-Index klinisch durch Inspektion der Mundhöhle erhoben. Bei der radiologischen Bestimmung des DMF-Index sind, insbesondere in Bezug auf die D-Komponente, Abweichungen vom klinischen Befund möglich. Hier kann der D-Faktor

unter Berücksichtigung der Größe der Kariesläsion in die Untergruppen D1 bis D4 aufgeteilt werden. Klinisch sind oftmals initiale kariöse Läsionen oder Zahnhalsdefekte nicht eindeutig erkennbar. Andererseits ist die Approximalraumkaries auf Röntgenbildern besser sichtbar. Zwar ist die röntgenologische Bestimmung der M-Komponente problemlos möglich, da jedoch in der Regel keine anamnestischen Angaben vorliegen, muss offen bleiben, aus welchen Gründen die betreffenden Zähne fehlen. Als Extraktionsgründe kommen neben Kariesbefall auch eine traumatische oder iatrogene Schädigung, kieferorthopädische Erwägungen oder Parodontopathien in Betracht. Ferner sind nicht angelegte Zähne als fehlend zu werten. Als Ausdruck der Kariesprävalenz ist die M-Komponente aber nur aussagekräftig, wenn sie ausschließlich diejenigen Zähne erfasst, die infolge Karies verloren gegangen sind.

Friedrich et al. (2003a, 2003b) gingen der Frage nach, ob die Anzahl kariöser oder gefüllter Weisheitszähne Rückschlüsse auf die Vollendung des 18. Lebensjahrs zulässt. Sie untersuchten die Orthopantomogramme von 1053 Probanden der Altersgruppe 14- 24 Jahre. Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Anzahl der kariösen Zähne und dem chronologischen Alter ließ sich für die untersuchte Altersgruppe nicht herstellen. Aus dem Nachweis von Füllungen der Weisheitszähne wurden hingegen hohe positive prädiktive Werte abgeleitet. So liege der positive prädiktive Wert für einen gefüllten Zahn 28 bei 95,56% und für einen gefüllten Zahn 38 sogar bei 100%. In Anbetracht der geringen Prävalenz der gefüllten Weisheitszähne in der untersuchten Stichprobe (4,7– 6,1%) sollte dieses Ergebnis nach Ansicht der Autoren zurückhaltend interpretiert werden, zumal es sachlogisch nur schwer nachvollziehbar erscheint, warum gefüllte Weisheitszähne die Vollendung des 18. Lebensjahrs wesentlich wahrscheinlicher machen als kariöse Weisheitszähne, ist doch der kariöse Befall eines Zahns die Voraussetzung für seine konservierende Versorgung.

Olze et al. (2004a) haben insgesamt 650 konventionell gefertigte Orthopantomogramme von je 325 männlichen und weiblichen Deutschen mit gesicherten Geburtsdaten im Alter von 18–30 Jahren untersucht. Pro Altersgruppe wurden jeweils 25 Aufnahmen von männlichen und weiblichen Probanden ausgewertet. Anhand der Orthopantomogramme wurden der DMF-T-Index unter Einbeziehung aller bleibenden Zähne sowie der DF-T-Index der in der Kauebene befindlichen Weisheitszähne bestimmt. Es erfolgte eine statistische Auswertung mit

dem Programm SPSS für Windows. Ein Vergleich der präsentierten Ergebnisse mit den vorliegenden klinischen Studien war wegen der nur bedingt spezifizierbaren M-Komponente des DMF-Index lediglich eingeschränkt möglich, da keine gesicherten, anamnestischen Angaben der Patienten vorlagen. In mehreren klinischen Arbeiten, die allerdings zumeist in größere Altersgruppen unterteilt, wurde eine kontinuierliche Zunahme des DMFT-Index mit dem Lebensalter beschrieben (Amrhein 1967, Sheiham und Hobdell 1969, Crossner und Unell 1996, Glöckner 1971, Friedrich et al. 2003a). Gemäß den Ergebnissen von Olze et al. (2004a) geht eine Zunahme des DMFT-Index nicht mit einem stetigen Zuwachs der Mittelwerte beziehungsweise Mediane einher, wobei auf die zum Teil geringen Fallzahlen hinzuweisen ist. Die Mittelwerte beziehungsweise Mediane liegen ab einem DMFT-Index von 7 für beide Geschlechter bei mindestens 21 Jahren. Die hohen Streubreiten führen jedoch dazu, dass es selbst bei einem DMFT-Index von 27 Probanden gibt, die das 21. Lebensjahr nicht erreicht haben. Neben dem DMFT-Index aller bleibenden Zähne wurde von den Autoren zusätzlich der DFT- Index der Weisheitszähne bestimmt. Für die männlichen Probanden konnte ein Anstieg der Mittelwerte beziehungsweise Mediane mit zunehmendem Weisheitszahn -DFT- Index festgestellt werden. Für das weibliche Geschlecht war ein solcher Trend nur für die DFT- Indizes 0,1 und 2 zu verzeichnen. Auch für den DFT- Index der dritten Molaren waren die Spannweiten beträchtlich. So umfassten sie für die Indizes 0, 1, 2 und 3 bei beiden Geschlechtern nahezu den gesamten untersuchten Altersbereich. Nur bei einem DFT- Index von 4 (alle Weisheitszähne wiesen kariöse Läsionen oder Füllungen auf) waren alle untersuchten Probanden mindestens 21 Jahre alt. In der untersuchten Stichprobe war diese Konstellation allerdings sehr selten. Nur sechs Männer und neun Frauen wiesen einen Weisheitszahn- DFT- Index von 4 auf. Als Ursache für die geringe Korrelation der untersuchten DMF-Index-Varianten mit dem Lebensalter ist der große Einfluss von Ernährungsgewohnheiten und kariesprophylaktischen Maßnahmen auf den individuellen Kariesbefall zu diskutieren. Die Zahnkaries ist ein exogener Prozess und wird durch bestimmte Einflüsse der Umgebung des Zahnes hervorgerufen. Karies entsteht, wenn die Mikroorganismen der Plaque bei einer zuckerreichen Ernährung über eine längere Zeitspanne auf die Zähne einwirken können. Zusätzlich fördern oder verringern disponierende Einflüsse, wie die Speichelzusammensetzung und die Resistenz der Zahnschmelzen, die Erkrankungswahrscheinlichkeit. Die Ernährungsgewohnheiten haben sich in den

westlichen Industrienationen in den letzten 150 Jahren geändert. Mit der Zunahme des Zuckerkonsums kam es zu einem deutlichen Anstieg der Karies. Für die Zahngesundheit ist jedoch nicht nur eine vermehrte Zuckeraufnahme problematisch, sondern auch eine konstante und regelmäßige Zufuhr säurehaltiger Nahrungsmittel. Gegenwärtig kann vor allem bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen eine Geschmacksbevorzugung saurer Getränke und Lebensmittel festgestellt werden (Willershausen et al. 2003). Besonders die enorme Zunahme des Softdrink-Verbrauchs ist hier zu erwähnen. Diese Getränke enthalten zur Geschmacksverstärkung diverse Fruchtsäuren, als Antioxidanz Ascorbinsäure, als Konservierungsmittel Benzoesäure und Kohlensäure zur Gasbildung. Außerdem haben die Verhaltensweisen nach der Aufnahme säurehaltiger Getränke Bedeutung für die Zahngesundheit. Kommt es unmittelbar nach der Säurezufuhr zur mechanischen Bearbeitung der Zähne durch kräftiges Zähneputzen, starkes Kauen von abrasiven Lebensmitteln oder heftiges Kaugummikauen, so können säurebedingt angelöste Zahnareale schnell abgetragen werden. Als kariesprophylaktische Maßnahmen sind neben einer zucker- und säurearmen Ernährung regelmäßige Zahnpflege sowie der Zusatz von Fluoriden zum Trinkwasser, zu Nahrungsstoffen (zum Beispiel Kochsalz und Milch) oder zu Zahnpflegemitteln zu nennen. Im Ergebnis der Fluoridgabe wird die Demineralisation des Zahnschmelzes gehemmt. Dieser wird dadurch widerstandsfähiger gegen Säuren, die bei Karies und Erosion auf ihn wirken. Zusammenfassend wurde von den Autoren festgestellt, dass die untersuchten DMF- Index- Varianten als Kriterium der Altersdiagnostik in Bezug auf die Vollendung des 21. Lebensjahrs aufgrund ihrer geringen Alterskorrelation und der erheblichen interindividuellen Streubreiten als ungeeignet erscheinen.

Darüber hinaus überprüften Olze et al. (2004c), ob durch die kombinierte Beurteilung verschiedener röntgenmorphologischer Merkmale der zahnärztlichen Altersdiagnostik bei Erwachsenen forensisch verwertbare Aussagen zum Abschluss des 21. Lebensjahrs erlaubt sind. Bei den untersuchten Merkmalen handelt es sich den DMFT-Index aller bleibenden Zähne, den DMFT-Index aller bleibenden Zähne mit Ausnahme der Weisheitszähne, den DFT- Index der in der Kauebene befindlichen Weisheitszähne, die Weisheitszahneruption sowie den parodontalen Knochenabbau der zweiten Prämolaren. Zur Untersuchung kamen insgesamt 650 konventionell gefertigte Orthopantomogramme von Deutschen mit gesicherten Altersangaben im

Alter von 18– 30 Jahren. Pro Altersgruppe wurden jeweils 25 Aufnahmen von männlichen und weiblichen Probanden ausgewertet. Es wurden der DMFT-Index aller bleibenden Zähne, der DMFT-Index aller bleibenden Zähne mit Ausnahme der Weisheitszähne sowie der DFT- Index der in der Kauebene befindlichen Weisheitszähne bestimmt.

Für die Beurteilung der Weisheitszahneruption wurde folgende Stadieneinteilung verwendet:

- Stadium 0: Bedeckung der Okklusalfläche mit alveolärem Knochen
- Stadium 1: Alveolärer Durchbruch, die halbe Kronenlänge des zweiten Molaren ist nicht erreicht
- Stadium 2: Mindestens die halbe Kronenlänge des zweiten Molaren ist erreicht, die Kauebene ist nicht erreicht
- Stadium 3: Die Kauebene ist erreicht, keine Elongation
- Stadium 4: Elongation

Von der Untersuchung ausgeschlossen waren retinierte Weisheitszähne. Als retiniert galten mesio- und distoangulierte beziehungsweise vestibulo- oral angulierte dritte Molaren (Archer 1955, Wolf und Haunfelder 1960). Weisheitszähne, deren Durchbruchsrichtung nicht eindeutig bestimmbar war, wurden nicht berücksichtigt. Der parodontale Knochenabbau wurde an den zweiten Prämolaren aller vier Quadranten analog zur Einzelbestimmung bestimmt, wobei zur Beurteilung des parodontalen Knochenabbaus nur karies- und restaurationsfreie Zähne berücksichtigt wurden. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Diskriminanzanalyse. Diese wurde mit zwei Klassen durchgeführt, die durch die beiden Altersgruppen ≤ 21 Jahre und > 21 Jahre definiert waren. Zur Einschätzung der möglichen Fehlklassifikation wurde die leaving- one- out Fehlerschätzmethode verwendet, welche den Fehler für ein Individuum unbekannter Klassenzugehörigkeit bei Verwendung der mit dem Verfahren ermittelten Entscheidungsregel, schätzt (Wernecke 1995). 69,7% der Fälle wurden also korrekt klassifiziert beziehungsweise die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Klassenzuordnung beträgt 69,7%. 71,4% der Fälle wurden also korrekt klassifiziert beziehungsweise die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Klassenzuordnung beträgt 71,4%. Als Ursache für die nur mäßige Wahrscheinlichkeit der richtigen Klassenzuordnung diskutierten Olze et al. (2004c)

die nur geringe genetische Determinierung der untersuchten epidemiologischen Merkmale und die starke Beeinflussung durch Umweltfaktoren. Olze et al. (2004c) sahen die kombinierte Bestimmung der DMF-T- Index- Varianten, des parodontalen Knochenabbaus sowie der Weisheitszahneruption anhand von Orthopantomogrammen als ergänzendes Kriterium der forensischen Altersdiagnostik bei jungen Erwachsenen als geeignet. Durch alleinige Bestimmung der untersuchten Merkmale ist allerdings eine Aussage zur Vollendung des 21. Lebensjahres mit der im Strafverfahren erforderlichen Wahrscheinlichkeit nicht möglich.

Rechtsgrundlagen. Die juristischen Anlässe für Lebensaltersschätzungen können vielfältiger Art sein. In Strafsachen regelt § 81a der Strafprozessordnung (StPO) die Ermächtigung für die Durchführung körperlicher Untersuchungen und Eingriffe (zu letzteren ist auch die Anwendung von Röntgenstrahlen zu zählen).

Die im Verlauf von Strafverfahren zu untersuchenden Personen sind Ausländer ohne gültige Ausweispapiere, die ihr Alter mutmaßlich falsch angeben und deren Alter von juristischer Bedeutung ist. Die juristisch relevanten Altersgrenzen im Strafverfahren betreffen in Deutschland das 14., 18. und 21. Lebensjahr. Die Vollendung des 14. Lebensjahrs ist für die Frage der Strafmündigkeit entscheidend (§19 Strafgesetzbuch). Es gilt als unwiderlegbare Behauptung, dass ein Kind unter 14 Jahren generell schuldunfähig und damit strafunmündig ist, also in jedem Fall - trotz Erfüllung eines Straftatbestandes - straflos bleibt. Für die Frage der Anwendbarkeit von Erwachsenen- beziehungsweise Jugendstrafrecht sind die Altersgrenzen 18 und 21 Jahre von Belang. Nach §1 Jugendgerichtsgesetz gilt als Jugendlicher, wer zur Zeit der Tat 14, aber noch nicht 18 Jahre alt ist. Bei Jugendlichen ist das Jugendstrafrecht anzuwenden. Bei Heranwachsenden muss darüber hinaus festgestellt werden, ob die Gesamtwürdigung der Persönlichkeit ergibt, dass der Betroffene nach seiner sittlichen und geistigen Entwicklung noch einem Jugendlichen gleichsteht beziehungsweise es sich nach der Art, den Umständen oder Beweggründen der Tat um eine Jugendverfehlung handelt – und damit Jugendstrafrecht gilt – oder ob das allgemeine „Erwachsenen-Strafrecht“ anzuwenden ist (Kaatsch 2001). Mit Vollendung des 21. Lebensjahres wird grundsätzlich die volle strafrechtliche Verantwortlichkeit des Täters festgelegt.

Im Bürgerlichen Recht (BGB) betreffen Altersschätzungen Vormundschafts-, Pflschafts- oder Ergänzungspflschafts- Angelegenheiten, welche sich nur auf

Minderjährige beziehen. Mit Vollendung des 18. Lebensjahres tritt gemäß § 2 BGB Volljährigkeit ein, womit Vormundschaften oder Pflegschaften entfallen.

Im Verwaltungsrecht interessiert die Altersgrenze von 16 Jahren bei Asylverfahren, weil nach ihrem Erreichen Betroffene gemäß Ausländergesetz (AuslG) und Asylverfahrensgesetz (AsylVfg) als selbstständig handlungsfähig gelten und demzufolge in Sammelunterkünften anstelle von Einrichtungen der Jugendhilfe unterzubringen sind.

Im Zivilrecht wie im Asylverfahrensrecht bestehen in Deutschland keinerlei Ermächtigungsgrundlagen für die zwangsweise Durchführung von Altersschätzungen. Schließlich kann bei älteren Arbeitnehmern bei Fehlen von amtlichen Urkunden über das Geburtsdatum die Erreichung des Rentenalters Gegenstand der Begutachtung sein.

4. Grundlagen der Zahnmineralisation

Lehmann und Hellwig (1993) geben einen Überblick über den Prozess der Zahnbildung: Von den drei embryonalen Keimblättern (Entoderm, Ektoderm und Mesoderm) ist lediglich das Ektoderm an der Bildung des Zahnes beteiligt. Vom Kopfmesenenchym, das sich von der Neuralleiste ableitet, werden das Dentin, das Wurzelzement, die Pulpa und der Zahnhalteapparat gebildet. Vom Kopfektoderm stammen der Schmelz und das Mundhöhlenepithel ab. Nach der Bildung der primären Mundhöhle wächst das Epithel der die Mundhöhle begrenzenden Gesichtsfortsätze beim etwa sechs Wochen alten Keimling in die Tiefe und bildet eine Epithelleiste. In der 7. Embryonalwoche verzweigt sich diese Epithelleiste: Es entstehen eine Zahnleiste und eine Vestibularleiste. Durch die Aufspaltung der Vestibularleiste zur Vorhofsfurche entstehen die Lippen und der Mundvorhof. Die Weiterentwicklung der Zahnleiste führt zu Verdickungen, den Schmelzknoten. Jeder Schmelzknoten stellt die Anlagen für einen Zahn dar. Im zweiten bis dritten Embryonalmonat beginnen sich die Schmelzknoten einzudellen und bilden sog. Schmelzglocken. An der Schmelzglocke entsteht eine Verdichtung aus mesenchyalem Gewebe, die so genannte Zahnpapille. Bei der Schmelzglocke unterscheidet man ein inneres und ein äußeres Schmelzepithel. Darin eingebettet liegt ein lockeres, netzartiges, gefäßfreies epitheliales Gewebe, die Schmelzpulpa. Im dritten und vierten Embryonalmonat differenziert das innere Schmelzepithel einen einreihigen Zellsaum, den Adamantoblastensaum. An ihn wird vom Bindegewebe her ebenfalls ein einreihiger Zellsaum, der Odontoblastensaum, angelagert. Aus dem inneren Schmelzepithel entsteht der Schmelzmantel des Zahnes, während von der Zahnpapille bzw. dem Odontoblastensaum das Dentin gebildet wird. In dieser Entwicklungsphase teilt sich die primäre Zahnleiste und bildet eine Ersatzzahnleiste. Von der primären Zahnleiste stammen die Milchzähne und die bleibenden Zähne 6 bis 8 ab. Die bleibenden Molaren werden daher als Zuwachszähne bezeichnet. Die Ersatzzahnleiste bildet die bleibenden Zähne 1 bis 5 (Ersatzzähne).

Vom Odontoblastensaum aus wird nun Dentin in Form von Prädentin abgelagert, das anschließend verkalkt. An das Prädentin wird von den Adamantoblasten Schmelz in zunächst unverkalkter Form ausgeschieden. Durch die Abscheidung des Schmelzes wird die Schmelzpulpa immer mehr eingeeengt, bis sie mit dem Abschluss der Schmelzbildung vollständig verschwindet und das innere und äußere Schmelzepithel miteinander verkleben. Mit der Bildung des Dentins wird auch die Zahnpapille immer

weiter reduziert, bis sie schließlich die Zahnpulpa bildet. Bereits während der Bildung der Zahnkrone setzt die Wurzelbildung ein. Dazu verlängern sich das äußere und innere Schmelzepithel in einer gemeinsamen Zellschicht nach apikal (Hertwigsche Epithelscheide). Gleichzeitig beginnt der Durchtritt der Zahnkrone in Richtung Mundhöhle. Entlang der Hertwigschen Epithelscheide entstehen neue Odontoblasten. Nach der Ablagerung des Wurzeldentins wird die Hertwigsche Epithelscheide vom Zahnhals her aufgelöst. Reste davon finden sich noch vereinzelt im Desmodont des voll entwickelten Zahnes (Malassezsche Epithelreste). Aus den Zellen des Zahnhalteapparates differenzieren sich Zementoblasten, die auf das Wurzeldentin Zement ablagern. Beim Durchtritt des Zahnes ist die Wurzel fast vollständig ausgebildet. Der Zahnhalteapparat ist angelegt, jedoch noch nicht funktionell strukturiert. Das Foramen apicale des Zahnes ist noch weit offen, das Pulpencavum hat noch nicht seine endgültige Form. Über spezielle Stadien bei der Bildung der Zahnkrone und der Zahnwurzel gibt Schröder (1992) folgende detaillierten Angaben: Die Hartsubstanzbildung beginnt nicht an der gesamten Grenzfläche zwischen Schmelzorgan und Papille zugleich, sondern inzisal oder okklusal. Bei Frontzähnen (Schneide- und Eckzähne) geht die initiale Dentin- und Schmelzbildung von einem der Mitte der späteren Schneidekante oder Höckerspitze entsprechenden Zentrum aus und breitet sich von dort sowohl in labiolingualer wie mesiodistaler Richtung aus. Bei Seitenzähnen der 1. und 2. Dentition beginnt die Hartsubstanzbildung in zeitlich gestaffelter Folge separat über jedem Pulpenhorn, bzw. in Bereichen der späteren Höckerspitzen. Erst im Laufe der weiteren Vergrößerung und Vermehrung der gebildeten Dentin- und Schmelzlagen verschmelzen die Zentren miteinander und erfassen schließlich die gesamte Okklusalfäche.

Die Bildung der Zahnwurzel wird von der Hertwigschen Epithelscheide (HES) bestimmt. Das zirkuläre Band der HES kann als die Gussform der zukünftigen Zahnwurzel angesehen werden. Diese Form bestimmt Größe, Umfang und Gestalt der Zahnwurzel und ebenfalls die Anzahl der Wurzeln pro Zahn. Lange bevor das Schmelzorgan seine endgültige Größe erreicht hat und in dem Stadium, wenn in den Höckerpartien die Schmelz- und Dentinbildung begonnen hat, entstehen aus der zervikalen Schlinge, die noch ein Stratum reticulare enthält, quer über die apikale Öffnung der Zahnpapille, zungenartige Fortsätze, die sich am zukünftigen Pol der Bi- oder Trifurkation treffen, fusionieren und damit separate Epithelscheiden für die

getrennt zu formenden Wurzeln entstehen lassen. Diese Epithelzungen wachsen in noch unvereinigtem Zustand mit zunehmender Größe des Schmelzorgans, bevor sie sich vereinigen und die Dentindecke der Furkation entsteht. Die Anlage der Furkation ist also ein Teil der Kronenbildung, die der Wurzelbildung vorangeht. Schröder (1992), der seine eigene Methode zur Darstellung der Wachstumslinien in Schmelz und Dentin mit anderen Schlüsseldaten zur Dentition und Mineralisation, wie Beginn der Hartschubstanzbildung, Abschluss der Kronen- bzw. Wurzelbildung, ergänzt, kommt zu folgenden allgemeinen Aussagen hinsichtlich der Entwicklung bleibender Zähne: In der Wurzelbildung sind Mädchen den Knaben stets voraus. Matrixbildung und Mineralisation von Schmelz und Dentin sind zeitlich sehr eng koordiniert. Der Beginn der Matrixbildung ist klinisch nicht vom Beginn der Mineralisation abgrenzbar und röntgenologisch nicht zu erfassen. Der 1. Molar solle sowohl im Ober- als im Unterkiefer stets vor der Geburt mit der Verkalkung beginnen, etwa zwischen der 28. und 32. Lebenswoche. Andererseits kann sich der 2. Prämolare mit 40 – 60 Lebensmonaten unerwartet spät entwickeln.

5. Material und Methode

Zur Untersuchung kamen 1198 konventionell erstellte Orthopantogramme von 629 weiblichen und 569 männlichen Deutschen im Alter von 15-40 Jahren welche im Zeitraum von 1987 bis 2008 erstellt worden waren.

Tabelle 1: Alters- und Geschlechtverteilung

Age	Female	Male
15	25	24
16	25	26
17	29	25
18	22	15
19	26	13
20	25	26
21	25	27
22	25	24
23	27	22
24	22	18
25	26	18
26	25	24
27	23	25
28	26	24
29	22	25
30	26	24
31	24	25
32	26	24
33	20	25
34	25	23
35	25	14
36	25	25
37	21	21
38	24	20
39	25	23
40	15	9
Total	629	569

Es wurden in jedem Orthopantogramm alle angelegten dritten Molaren hinsichtlich des Mineralisationsstandes klassifiziert und das Stadium nach Demirjian et al. (1973) bestimmt. Bei Vorliegen des Stadiums H nach Demirjian wurden die Merkmale Sichtbarkeit der Wurzelkanäle und Sichtbarkeit des Parodontalspalts bestimmt. Die Tabellen 2 bzw. 3 und die Abbildungen 3 bzw. 4 zeigen die entsprechenden Stadieneinteilungen für diese beiden Merkmale (Olze et al. 2010).

Tabelle 2: Stadieneinteilung Merkmal *Sichtbarkeit Wurzelkanäle* (Olze et al. 2010)

W0	Alle vorhandenen Wurzelkanäle bis zur Spitze sichtbar
W1	Ein Kanal reicht nicht mehr zur Wurzelspitze
W2	Zwei Kanäle reichen nicht mehr zur Wurzelspitze, oder ein Kanal in voller Länge nicht mehr sichtbar
W3	Zwei Kanäle in voller Länge nicht mehr sichtbar

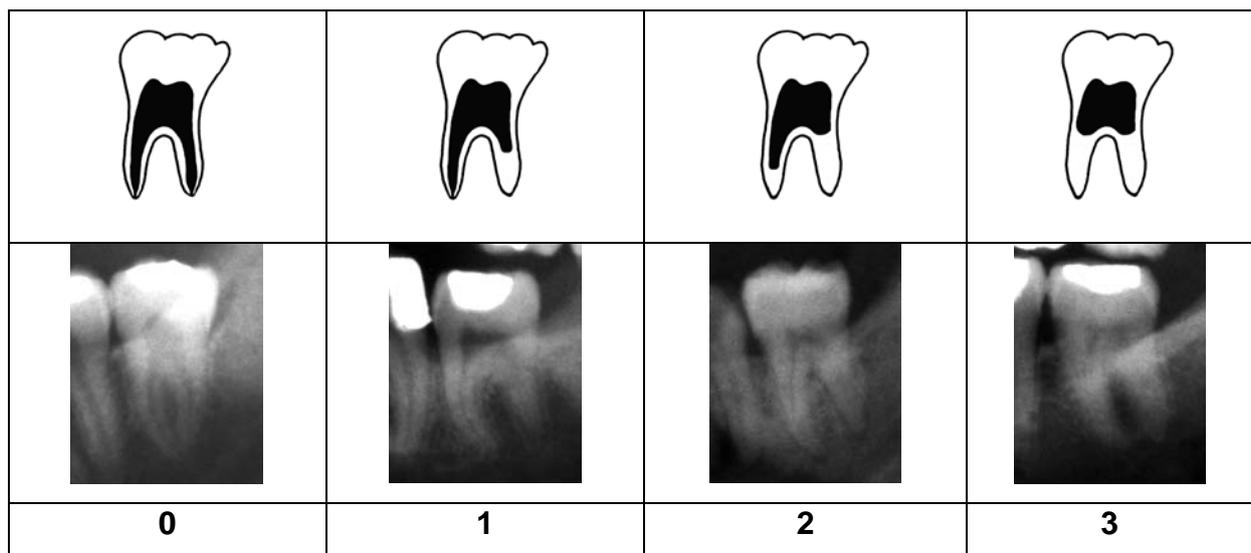


Abbildung 3: Stadieneinteilung Merkmal *Sichtbarkeit Wurzelkanäle* (Olze et al. 2010)

Tabelle 3: Stadieneinteilung Merkmal *Sichtbarkeit Parodontalspalt -PAS-* (Olze et al. 2010)

P0	PAS an beiden Wurzeln in voller Länge sichtbar
P1	PAS zu mehr als der Hälfte an einer Wurzel nicht mehr sichtbar
P2	PAS an einer Wurzel in voller Länge oder an Teilen beider Wurzeln nicht mehr sichtbar
P3	PAS an beiden Wurzeln nicht mehr sichtbar

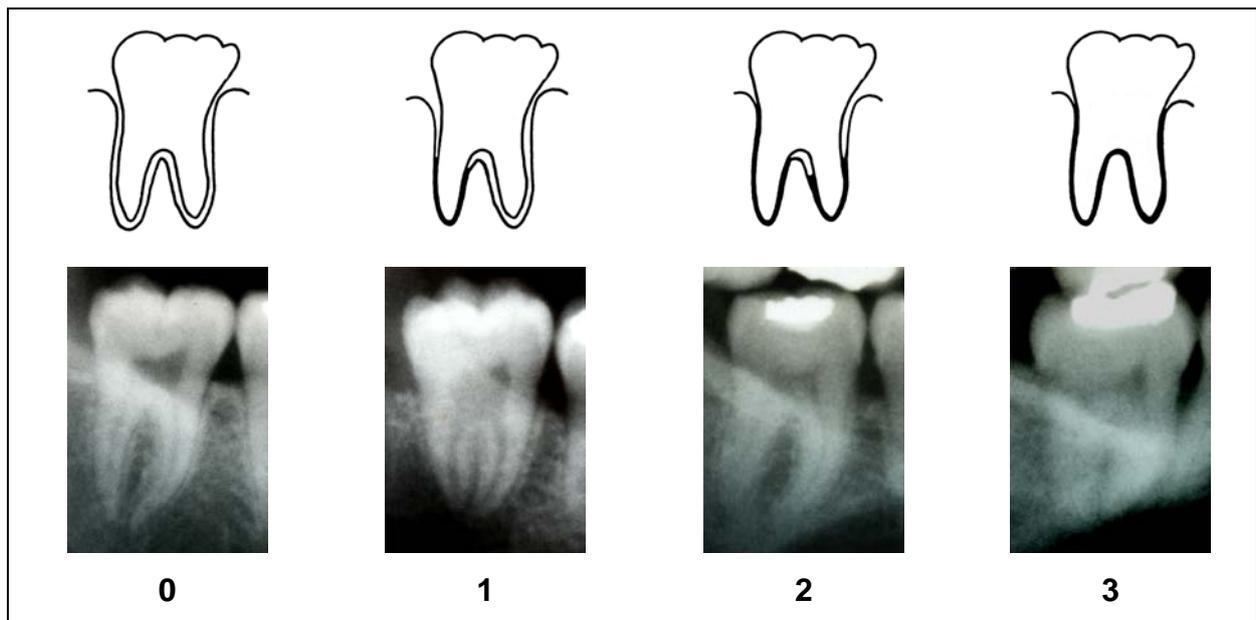


Abbildung 4: Stadieneinteilung Merkmal *Sichtbarkeit Parodontalspalt* (Olze et al. 2010)

Es wurden sowohl retinierte und verlagerte 3. Molaren als auch vollständig die Kauebene durchgebrochene dritte Molaren untersucht. Ausgeschlossen waren gefüllte und/ oder endodontisch behandelte Weisheitszähne.

Zunächst wurden vom Autor im Rahmen einer Pilotstudie 100 Orthopantomogramme, welche zufällig ausgewählt worden sind, untersucht. Nachfolgend wurden diese 100 Orthopantomogramme von einem erfahrenen Untersucher nach begutachtet und die Ergebnisse mit den Ergebnissen des Autors abgeglichen.

Nach erfolgter Kalibrierung erfolgte die Bestimmung der Mineralisations- und Eruptionsstadien randomisiert und geblindet, d.h. ohne Kenntnis der Geburts- oder Aufnahmedaten. Erfasst wurden Identifizierungsnummer, Geschlecht und Geburtsdatum des jeweiligen Probanden.

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS 16.0 für Windows durchgeführt.

6. Ergebnisse

Tabelle 4 und 5 zeigen die statistischen Maßzahlen, Minima und Maxima für das Merkmal *Sichtbarkeit Wurzelkanäle* für die männlichen und weiblichen Probanden. Überlagerungseffekte mit benachbarten anatomischen Strukturen im Oberkiefer erlaubten eine sichere Bestimmung des jeweiligen Stadiums nur für die unteren dritten Molaren (Zähne 38 und 48). Die Abbildungen 5 bis 8 veranschaulichen den grafischen Zusammenhang zwischen jeweils erreichtem Stadium und chronologischem Lebensalter.

Tabelle 4: Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal *Sichtbarkeit Wurzelkanäle*, Zähne 38 und 48, Geschlecht weiblich
MW Mittelwert, SA Standardabweichung, UQ unteres Quartil, OQ oberes Quartil

Zahn	Stadium	n	Min	Max	UQ	Median	OQ	MW	SA
38	0	132	17.2	37.4	22.0	24.0	26.8	24.5	3.6
	1	15	21.6	36.2	22.8	25.5	31.4	27.3	4.9
	2	205	24.7	40.9	29.7	33.1	36.8	33.2	4.3
	3	51	25.2	40.5	34.1	36.4	38.8	35.6	3.9
48	0	134	17.2	40.2	22.1	24.3	26.8	24.7	3.7
	1	21	21.9	37.4	26.9	28.9	32.6	29.4	4.1
	2	218	23.4	40.5	29.9	33.2	36.7	33.1	4.4
	3	54	25.1	40.9	31.6	35.6	38.6	34.9	4.2

Tabelle 5: Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal *Sichtbarkeit Wurzelkanäle*, Zähne 38 und 48, Geschlecht männlich
MW Mittelwert, SA Standardabweichung, UQ unteres Quartil, OQ oberes Quartil

Zahn	Stadium	n	Min	Max	UQ	Median	OQ	MW	SD
38	0	104	17.6	39.1	21.2	22.9	25.7	23.5	3.1
	1	13	22.4	40.0	23.2	27.1	30.4	28.1	5.5
	2	219	22.3	40.2	28.6	32.1	35.8	32.2	4.4
	3	51	25.2	40.6	30.4	34.8	37.0	34.1	3.9
48	0	102	17.6	38.0	21.0	22.6	24.6	23.5	3.4
	1	16	21.0	34.6	23.8	26.3	29.3	26.6	3.7
	2	238	22.7	40.5	28.7	32.3	36.3	32.4	4.6
	3	53	25.9	40.6	30.6	33.7	38.1	33.9	4.3

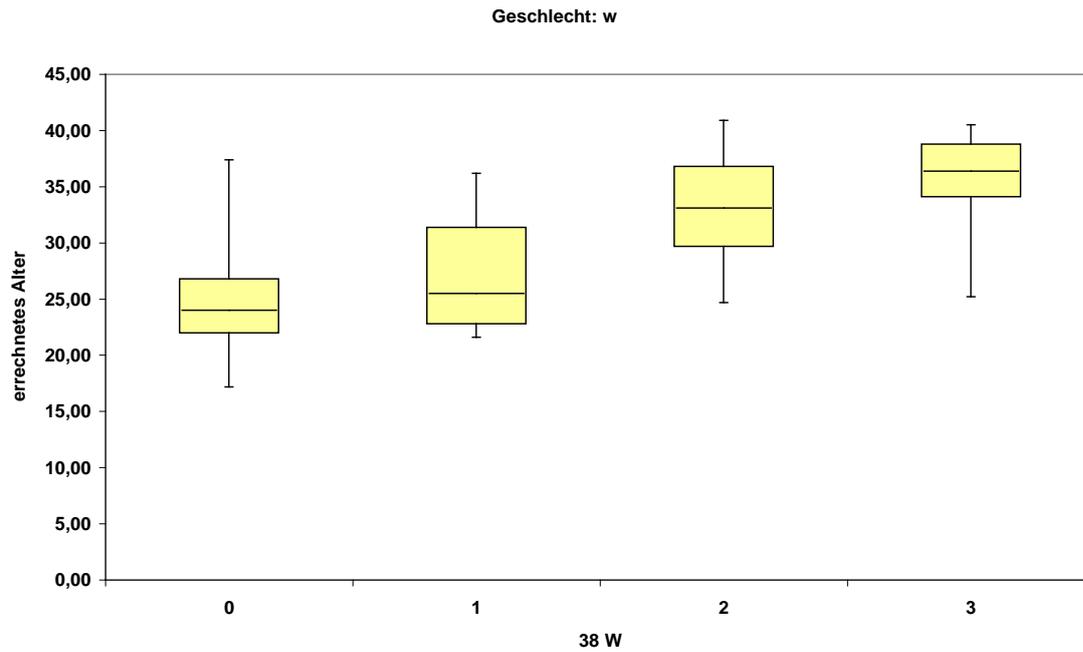


Abbildung 5: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium Sichtbarkeit Wurzelkanäle, Geschlecht weiblich, Zahn 38

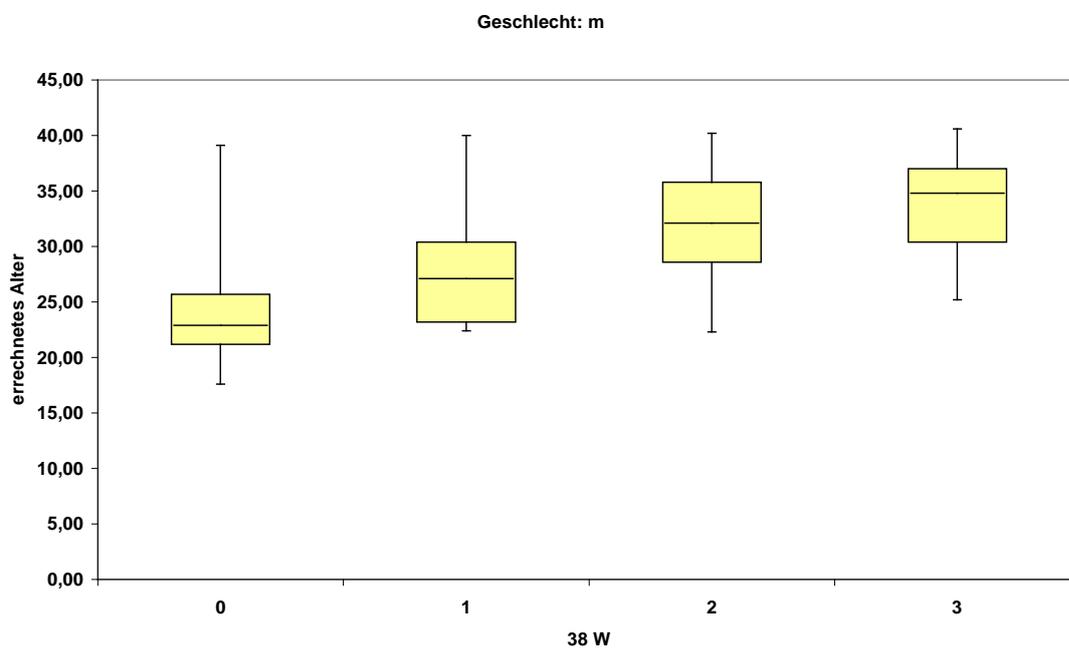


Abbildung 6: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium Sichtbarkeit Wurzelkanäle, Geschlecht männlich, Zahn 38

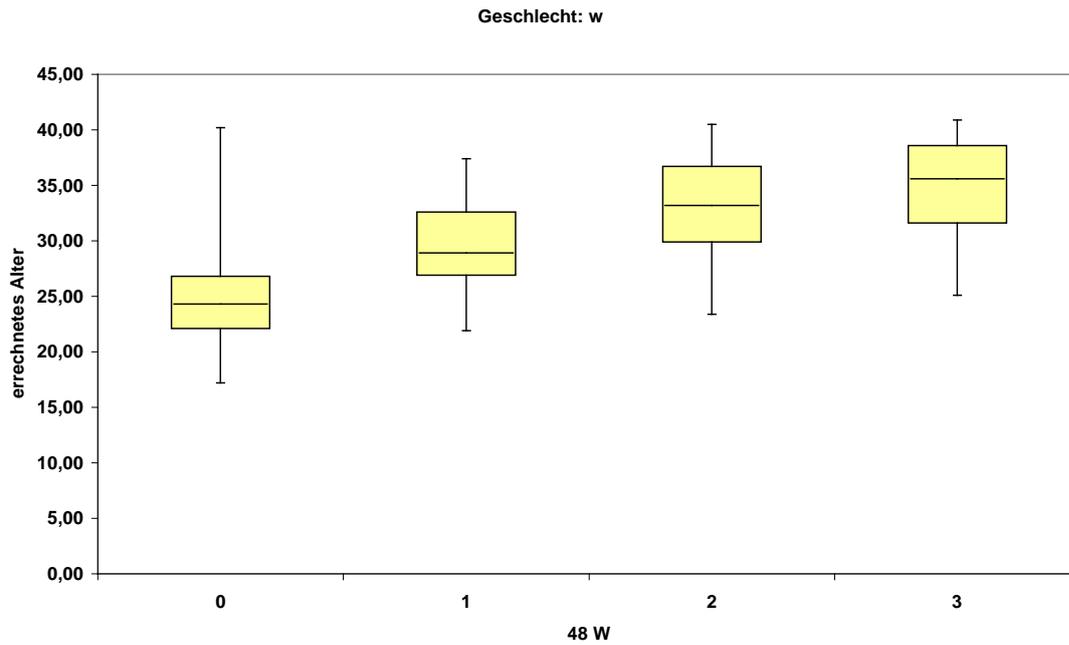


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium *Sichtbarkeit Wurzelkanäle*, Geschlecht weiblich, Zahn 48

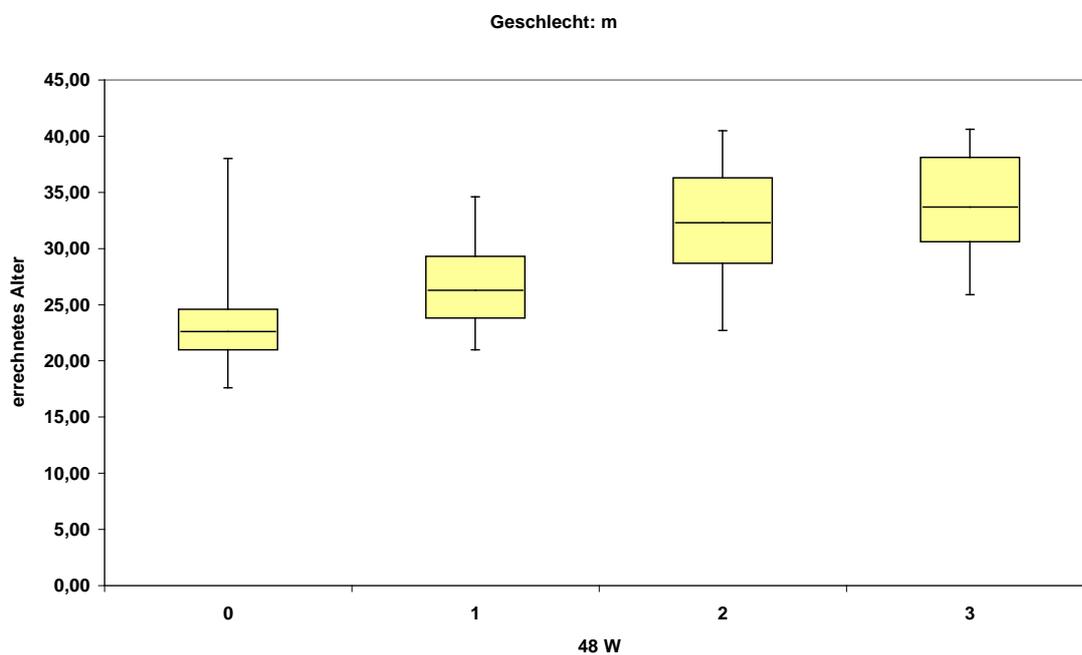


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium *Sichtbarkeit Wurzelkanäle*, Geschlecht männlich, Zahn 48

Tabelle 6 und 7 zeigen die statistischen Maßzahlen, Minima und Maxima für das Merkmal *Sichtbarkeit Parodontalspalt* für die männlichen und weiblichen Probanden. Überlagerungseffekte mit benachbarten anatomischen Strukturen im Oberkiefer

erlaubten auch hier eine sichere Bestimmung des jeweiligen Stadiums nur für die unteren dritten Molaren (Zähne 38 und 48). Die Abbildungen 9 bis 12 veranschaulichen den grafischen Zusammenhang zwischen jeweils erreichtem Stadium und chronologischem Lebensalter.

Tabelle 6: Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal *Sichtbarkeit Parodontalspalt*, Zähne 38 und 48, Geschlecht weiblich
MW Mittelwert, SA Standardabweichung, UQ unteres Quartil, OQ oberes Quartil

Zahn	Stadium	n	Min	Max	UQ	Median	OQ	MW	SA
38	0	33	17.2	25.2	19.8	20.8	22.5	21.1	1.9
	1	37	20.0	28.8	21.9	22.5	23.7	22.9	1.9
	2	273	23.1	40.5	27.3	31.3	35.3	31.4	4.8
	3	60	25.2	40.9	33.0	37.0	39.0	35.7	4.0
48	0	39	17.2	24.5	20.2	21.7	23.1	21.5	1.9
	1	34	18.9	30.0	21.9	23.0	25.0	23.5	2.3
	2	298	22.5	40.6	27.6	31.3	35.3	31.6	4.7
	3	55	24.6	40.9	33.7	36.2	38.3	35.4	4.0

Tabelle 7: Statistische Maßzahlen, Minima und Maxima, Merkmal *Sichtbarkeit Parodontalspalt*, Zähne 38 und 48, Geschlecht männlich
MW Mittelwert, SA Standardabweichung, UQ unteres Quartil, OQ oberes Quartil

Zahn	Stadium	n	Min	Max	UQ	Median	OQ	MW	SA
38	0	40	17.6	24.0	20.5	21.3	22.2	21.3	1.3
	1	30	20.1	26.4	21.0	22.4	23.6	22.4	1.5
	2	253	22.3	40.6	27.3	31.3	34.8	31.3	4.7
	3	64	26.2	40.5	30.0	33.8	36.9	33.7	4.0
48	0	44	17.6	30.3	20.5	21.4	22.4	21.5	1.9
	1	25	20.2	24.5	20.8	22.2	23.6	22.2	1.4
	2	259	22.3	40.5	27.1	30.7	34.7	31.1	4.8
	3	81	25.4	40.6	30.3	34.5	37.8	34.2	4.3

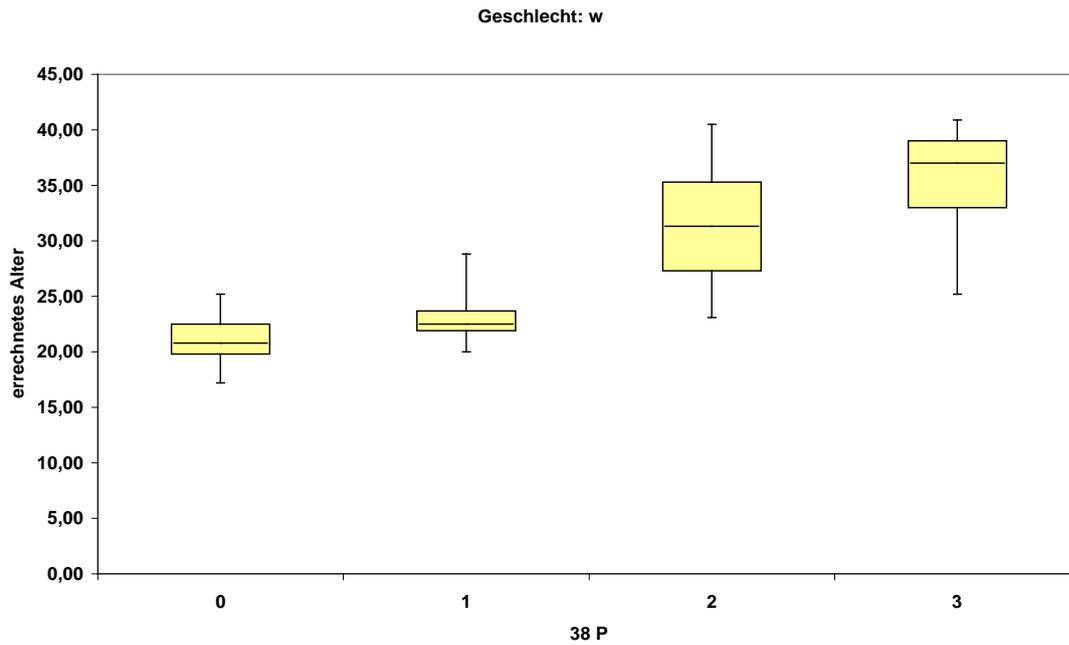


Abbildung 9: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium - Sichtbarkeit Parodontalspalt, Geschlecht weiblich, Zahn 38

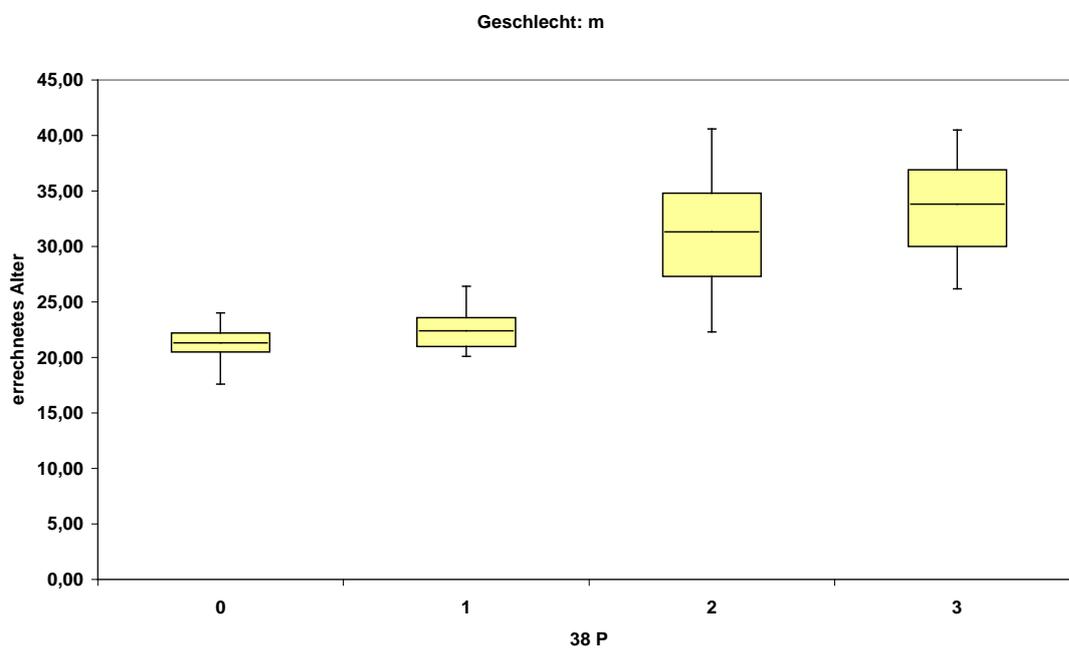


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium - Sichtbarkeit Parodontalspalt-, Geschlecht männlich, Zahn 38

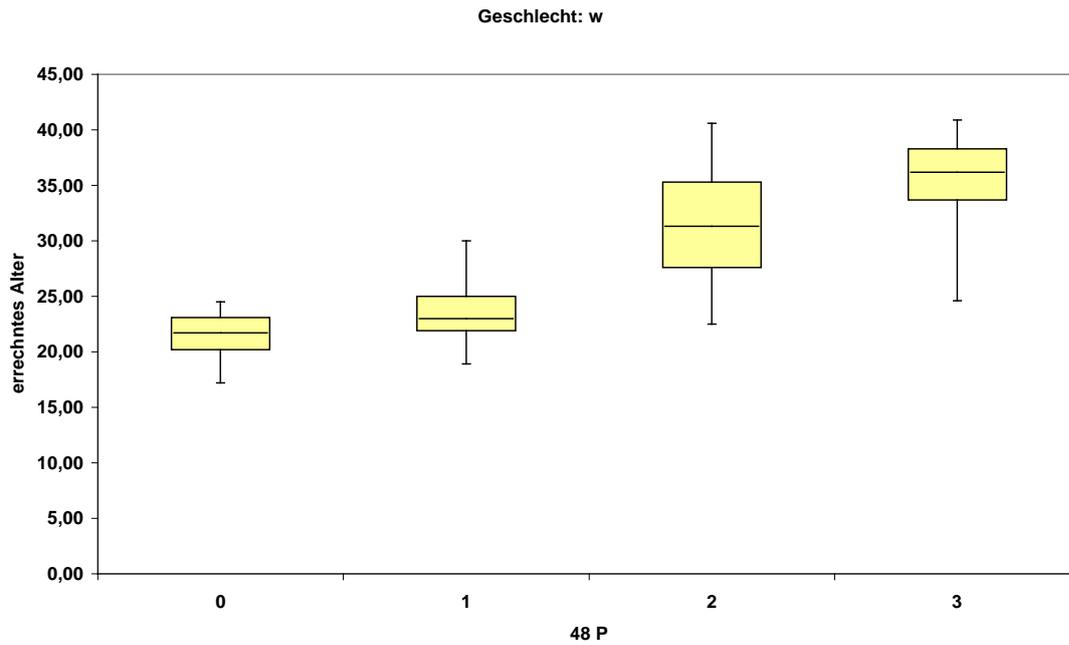


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium *Sichtbarkeit Parodontalspalt*, Geschlecht weiblich, Zahn 48

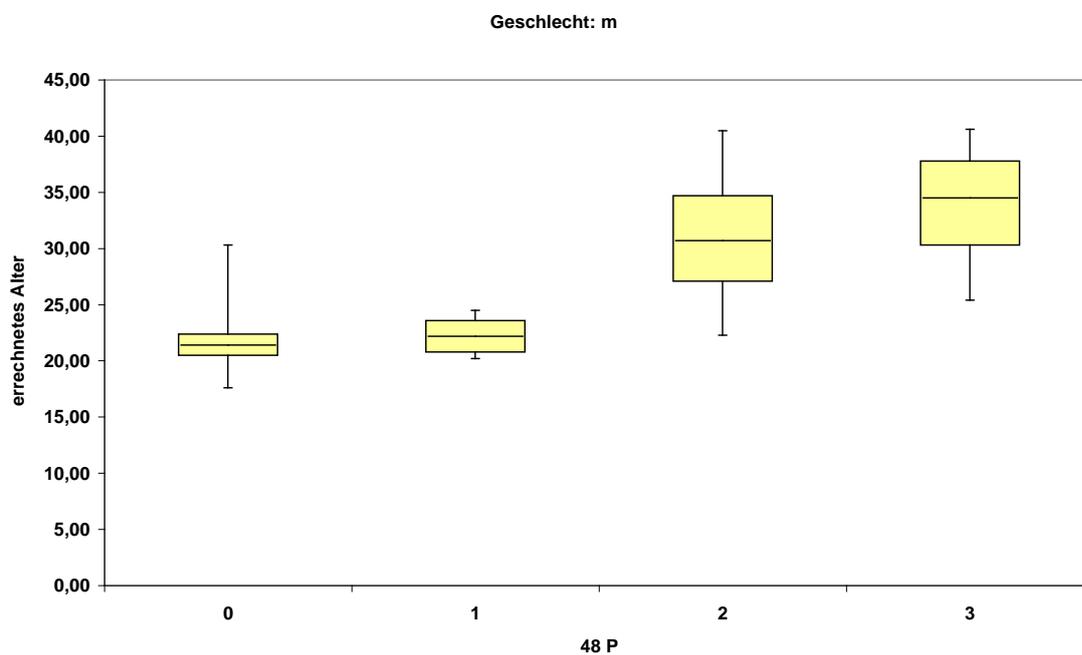


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen errechnetem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium *Sichtbarkeit Parodontalspalt*, Geschlecht männlich, Zahn 48

7. Diskussion

Stand der Literatur zur Weisheitszahnmineralisation und -eruption. Die forensische Altersschätzung Lebender steht nach wie vor im Fokus des wissenschaftlichen Interesses (Braga et al. 2005, Olze et al. 2005, Paewinsky et al. 2005, Prieto et al. 2005, Cameriere et al. 2006, Mühler et al. 2006, Schulz et al. 2005, Schmelting et al. 2006a, Schmelting et al. 2006b, Cameriere et al. 2009, Kellinghaus et al. 2009, Knell et al. 2009, Olze et al. 2010, Chen et al. 2010)

Auf dem Gebiet der forensisch-odontologischen Altersdiagnostik bei Lebenden kam im Jugend- und jungen Erwachsenenalter dem entwicklungsbiologischen Merkmal Weisheitszahnmineralisation lange die größte forensische Bedeutung zu. Zwischenzeitlich ist das Merkmal Weisheitszahneruption ebenfalls gut untersucht und hat anerkannt Einzug in die forensische Altersschätzungspraxis gefunden. Darüber hinaus besteht Konsens in der Literatur, dass populationsspezifische Standards und Referenzstudien in der Altersschätzungsroutine Anwendung finden sollten.

Weisheitszahnmineralisation. Zunächst war von wissenschaftlichem Interesse, welche Stadieneinteilung valide Aussagen hinsichtlich des erreichten Lebensalters ermöglichen könnte.

Zur Beurteilung der Zahnmineralisation existierten verschiedene Stadieneinteilungen, deren Ergebnisse nicht unmittelbar vergleichbar waren, da einerseits die Daten an verschiedenen Referenzpopulationen gewonnen worden waren und andererseits verschiedene Untersucher die Beurteilungen vorgenommen haben (Hägg und Matsson 1985, Pöyry et al. 1986).

So wurden in der Vergangenheit von Gleiser u. Hunt (1955), Moorrees et al. (1963), Kullmann et al. (1992) und Köhler et al. (1994) unterschiedliche Stadieneinteilungen vorgestellt. Die aufgeführten Klassifikationen enthalten zum Teil sehr viele Stadien, die nur schwer gegeneinander abgrenzbar sind. Zudem wird beispielsweise zwischen $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{2}{3}$ der Wurzellänge unterschieden, was zu einer eher subjektiv geprägten Beurteilungsweise führt (Demirjian 1986). Kullmann et al. (1992) verwendeten ausschließlich Wurzelstadien.

Demirjian et al. (1973) stellten eine Stadieneinteilung vor, welche jeweils vier Kronen- und Wurzelstadien unterscheidet (Stadien A-H). Diese Stadien sind durch Formveränderungen definiert und unabhängig von spekulativen Längenschätzungen. Eine numerische Kennzeichnung der Stadien wurde vermieden, um den Eindruck zu

vermeiden, es handele sich bei den einzelnen Stadien um Abläufe gleicher Zeitdauer.

In einer Arbeit von Olze et al. (2004a) werden fünf verschiedene Stadieneinteilungen zur Zahnmineralisation nach Kenntnis der Autoren erstmalig unabhängig von der ursprünglich zugrunde liegenden Referenzpopulation hinsichtlich ihrer Validität verglichen (Gleiser und Hunt 1955, Demirjian et al. 1973, Gustafson und Koch 1974 Harris und Nortje 1984, Kullmann et al. 1992).

Es wurden insgesamt 420 konventionell gefertigte Orthopantomogramme von weiblichen deutschen Probanden im Alter von 12 bis 25 Jahren untersucht. Jedes Röntgenbild wurde mit einer Identifizierungsnummer versehen, die Geburtsdaten wurden fallbezogen erfasst. Untersucht wurde ausschließlich der Mineralisationsstand des unteren linken Weisheitszahns (Zahn 38).

Die Orthopantomogramme wurden von zwei unabhängigen Beobachtern untersucht (A und B). Beobachter A untersuchte die Orthopantomogramme ein zweites Mal (A2). Zwischen beiden Untersuchungen (A1 und A2) lag ein halbes Jahr. Es wurden jeweils Binnen- und Zwischenbeobachterfehler bestimmt. Unter Verwendung aller 5 Methoden zeigte weder der Vergleich aller 3 Begutachtungen (A1, A2 und B), der Begutachtungen A1 und B, A2 und B sowie A1 und A2 signifikante Unterschiede. Den insgesamt höchsten inter- und intraindividuellen Übereinstimmungsgrad zwischen den Begutachtern (Intraklass-Korrelation) sowie die größte Übereinstimmung zwischen Schätzalter und chronologischem Alter zeigte die Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973).

Zusätzlich und als Ergänzung zur Varianzanalyse wurde mittels der Berechnung des gewichteten Kappa-Koeffizienten (Fleiss 1981) für jeweils zwei (rangskalierte) Begutachtungen inter- und intraindividuell der Grad der Übereinstimmung zwischen den Begutachtern eingeschätzt (Intraklass-Korrelation). Zu jedem ermittelten Kappa-Koeffizienten sind darüber hinaus 95% Konfidenzintervalle berechnet worden. Es erscheint plausibel, dass die Methode, für welche die größten Übereinstimmungen bestehen, d.h. welche mit einer geringen Variabilität der Begutachtungen einhergeht, besonders günstig ist. Die Einschätzung der Übereinstimmung der aus der jeweiligen Methode erhaltenen Stadien/Scores in Bezug zum tatsächlichen Alter geschah mittels direktem Vergleich der kategorial-skalierten Stadien/Score-Beurteilung mit dem intervall-skalierten Alter durch den Eta-Koeffizienten (Siegel 1956).

Diejenige Methode mit der höchsten Übereinstimmung gilt als die beste. Im Sinne der oben angeführten Argumentationen erweist sich die Methode „Demirjian“ als die günstigste unter den 5 ausgewählten Methoden.

Es wird geschlussfolgert, dass zur Bestimmung des Mineralisationsstandes der dritten Molaren die Stadieneinteilung von Demirjian et al. (1973) verwendet werden sollte, welche eine das Schätzergebnis anscheinend günstig beeinflussende Anzahl von Mineralisationsstadien unterteilt. Die Verwendung von Stadieneinteilungen, welche nur wenige Stadien unterscheiden, erweist sich in der Altersschätzungspraxis als unvorteilhaft, da wegen des höheren Altersabstandes zwischen den Stadien bei Bestimmung eines falschen Stadiums schnell ein entsprechend großer Schätzfehler resultiert. Die Verwendung von Stadieneinteilungen, welche einerseits durch zahlreiche und andererseits durch vor allem von spekulativen Längenschätzungen geprägte Stadien gekennzeichnet sind, führt ebenfalls zu einer Verschlechterung des Schätzergebnisses. Hierbei scheint der Nachteil der stark subjektiv geprägten Vorgehensweise und der schlechten Abgrenzbarkeit der einzelnen Stadien den Vorteil des geringeren Altersabstandes zwischen den Stadien zu kompensieren. Alle bislang vorliegenden vergleichenden Studien (Hägg & Matsson 1985, Staaf et al. 1991, Kullmann 1992, Mörnstad et al. 1995, Reventlid et al. 1996) sind von eingeschränkter Aussagekraft, da sie jeweils auf die (meist unzulänglichen und nicht vergleichbaren) Stichproben der methodenbeschreibenden (Erst-) Untersuchungen Bezug nehmen. Durch das in der vorliegenden Studie gewählte Vorgehen wird dieses methodische Problem nach Kenntnis der Autoren erstmalig gelöst.

Drosos (2005) ging anhand von Vergleichsuntersuchungen der Frage nach, inwieweit der tatsächliche morphologische Entwicklungsstand der jeweils untersuchten Zähne (=Mineralisationsstadium) mit den auf dem Wege einer radiologischen Untersuchung bestimmten Entwicklungsstadien übereinstimmt. In die Untersuchung einbezogen wurden 100 Patienten der Praxis des Untersuchers, bei welchen aus medizinischer Indikation heraus eine Extraktion von Weisheitszähnen anstand. Es wurde präoperativ ein konventionelles Orthopantomogramm gefertigt und die extrahierten Zähne postoperativ standardisiert präpariert. Anschließend erfolgte die Bestimmung des Entwicklungsstadiums am Röntgenbild und am Präparat unter Zuhilfenahme der Stadieneinteilungen nach Demirjian (1973) und Gleiser und Hunt (1955). Bei Verwendung der „Demirjian- Methode“ wurden die untersuchten Weisheitszähne in 78,48% der Fälle morphologisch und radiologisch in die gleiche

Entwicklungsstufe eingruppiert. 18,35% der untersuchten Zähne wurden mit einer Entwicklungsstufe Unterschied befundet, bei 3,16% betrug der Unterschied von radiologischer zu morphologischer Einordnung mehr als eine Entwicklungsstufe. Bei 7,59% der untersuchten Zähne wurde mittels radiologischer Auswertung ein höheres Entwicklungsstadium diagnostiziert, als durch die morphologische Beurteilung, bei 13,92% der untersuchten Weisheitszähne wurde durch die morphologische Auswertung eine höhere Entwicklungsstufe bestimmt als durch die radiologische Beurteilung. Unter Verwendung der Stadieneinteilung von Gleiser und Hunt (1955) ergaben sich insgesamt schlechtere Werte. Im Ergebnis der durchgeführten Studie zeigte sich insbesondere bei Verwendung der „Demirjian- Methode“ ein hoher Übereinstimmungsgrad zwischen röntgenologisch und morphologisch bestimmtem Mineralisationsstadium.

Zwischenzeitlich liegt eine Anzahl von Arbeiten vor, welche für Probanden unterschiedlicher Herkunft statistische Maßzahlen präsentieren.

Kahl und Schwarze (1988) untersuchten unter Verwendung der Stadieneinteilung von Demirjian bei 993 deutschen Probanden im Alter von 5 bis 24,5 Jahren das zeitliche Durchlaufen der Mineralisationsstadien der Zähne 18 bis 48 geschlechtergetrennt. Es konnte ein dentaler Entwicklungsvorsprung der weiblichen Probanden insbesondere im Alter von 8,7 bis 12,8 Jahren herausgearbeitet werden, in den früheren und späteren Altersstufen hingegen wiesen alle bleibenden Zähne, ausgenommen die Zähne 44 und 47, und somit auch die dritten Molaren in mindestens einem Entwicklungsstadium einen Vorsprung der Jungen von 0,3 Jahren auf. Die Entwicklungszeiten der Ober- und Unterkieferzähne wichen deutlich voneinander ab. Durchgehend eilte die Entwicklung der unteren permanenten Zähne der des Oberkiefers voraus, mit Ausnahme der dritten Molaren bei beiden Geschlechtern. Sie entwickelten sich mit etwa der gleichen Geschwindigkeit in allen vier Quadranten und wiesen alternierend Entwicklungsvorsprünge im Ober- und im Unterkiefer auf.

Olze et al. (2001) untersuchten die Orthopantomogramme von 860 weiblichen und 577 männlichen deutschen Probanden im Alter von 12-25 Jahren. Der Mineralisationsstand der dritten Molaren wurde unter Verwendung der Stadieneinteilung nach Demirjian (1973) beurteilt. Die Autoren fanden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des zeitlichen Durchlaufens der

Mineralisationsstadien der dritten Molaren des Ober- und Unterkiefers, signifikante Geschlechtsunterschiede wurden ebenfalls nicht festgestellt.

Willershausen et al. (2001) untersuchten insgesamt 1202 Orthopantomogramme von 602 weiblichen und 600 männlichen Probanden, welche aus Mittel- und Südeuropa, der Türkei und anderen nicht näher spezifizierten Ländern stammten. Es wurden die Mineralisationsstadien der dritten Molaren gemäß der Stadieneinteilung von Kullmann et al. (1992) bestimmt. Die Autoren fanden keine signifikanten Unterschiede im Entwicklungsablauf der Weißheitszähne zwischen den linken und rechten Kieferabschnitte von Ober- und Unterkiefer, die dritten Molaren des Unterkiefers entwickelten sich jedoch generell schneller, als jene des Oberkiefers. Jungen zeigten bezüglich der Weisheitszahnentwicklung einen dentalen Entwicklungsvorsprung gegenüber gleichaltrigen Mädchen. 2,5% der 18- und 38% der 21jährigen zeigten eine abgeschlossene Weisheitszahnentwicklung in allen vier Quadranten, weshalb die Autoren schlussfolgerten, das eine ausschließliche Verwendung des Entwicklungsstandes der Weisheitszähne zur Altersschätzung allein nicht ausreichte. Vielmehr könnten die Erkenntnisse der Schätzung des Zahnalters nur im Kontext mit anderen, ergänzenden Untersuchungen eine zuverlässige Altersschätzung ermöglichen. Zu möglichen ethnischen Unterschieden konnten nach Angabe der Autoren keine zuverlässigen Angaben gemacht werden, da die Fallzahl hierfür nicht ausreichte. Lediglich für das Stadium Ac, welches die abgeschlossene Wurzelbildung kennzeichnet, konnte eine genügende Fallzahl vorgewiesen werden. Demnach erreichte die türkische Population dieses Stadium im Mittel im Alter von 20,6 Jahren, die südeuropäische Population in einem mittleren Alter von 21,1 Jahren. Die Mitteleuropäische Population nahm eine Zwischenposition ein. Da die Unterschiede weniger als ein halbes Jahr betragen, handelte es sich hier um nicht signifikante Abweichungen.

Bolanos et al. (2003) untersuchten 812 Orthopantomogramme von 403 männlichen und 409 weiblichen spanischen Kindern im Alter von 4 bis 20 Jahren. Die Autoren fanden keine Geschlechtsunterschiede. Die Unterkieferweisheitszähne waren den Oberkieferweisheitszähnen in ihrer Entwicklung voraus. Gorgani et al. (1990), Llarena del Rosario et al. (1990) und Uzamis et al. (2000) fanden ähnliche Ergebnisse.

Die wenigen vergleichenden Studien zur Weisheitszahnmineralisation sind meist auf die frühen Entwicklungsstadien beschränkt.

Gorgani et al. (1990) untersuchten 229 schwarze und 221 weiße US-Amerikaner im Alter von 6-14 Jahren. Die Kronenmineralisation der dritten Molaren war bei Schwarzen etwa 1 Jahr früher abgeschlossen.

Harris & McKee (1990) untersuchten 655 weiße und 335 schwarze US-Amerikaner im Alter von 3,5-13 Jahren. Während die schwarzen US-Amerikaner die frühen Weisheitszahnmineralisationsstadien etwa 1 Jahr früher erreichten, schienen die Unterschiede in den späten Stadien geringer auszufallen.

Dieser Trend wird durch eine Arbeit von Mincer et al. (1993) bestätigt. Sie untersuchten 823 US-Amerikaner (80% Weiße, 19% Schwarze) im Alter von 14,1-24,9 Jahren und konnten keine signifikanten Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Weisheitszahnmineralisation feststellen.

Daito et al. (1992) untersuchten die Weisheitszahnmineralisation bei 9111 7-16jährigen Japanern und verglichen ihre Daten mit den von Gravely (1965), Rantanen (1967) und Haavikko (1970) für europide Populationen mitgeteilten Werten. Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede.

Die Aussagefähigkeit der vorliegenden Studien ist durch vielfach ungesicherte Altersangaben der Probanden, mangelhafte Informationen zu sozioökonomischem Status und Gesundheitszustand der untersuchten Personen, Verwendung nicht vergleichbarer Stadieneinteilungen und eine oftmals unzureichende statistische Aufbereitung der Untersuchungsergebnisse eingeschränkt.

Olze et al. (2004d) präsentieren vergleichende Daten bezüglich des Mineralisationsstandes der dritten Molaren einer europiden, einer asiatischen und einer afrikanischen Population. Es wurden 3611 konventionell gefertigte Orthopantomogramme von 1430 Deutschen, 1597 Japanern und 584 schwarzen Südafrikanern der Altersgruppe 12-26 Jahre mit gesicherten Geburtsdaten untersucht. Für jedes Röntgenbild wurden eine Identifizierungsnummer, Geschlecht und Geburtsdatum des Patienten sowie das Aufnahmedatum erfasst. Aus Geburtsdatum und Aufnahmedatum des Röntgenbildes wurde das jeweilige Patientenalter ermittelt. Der Mineralisationsstand der dritten Molaren wurde unter Zuhilfenahme der Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973) beurteilt. Alle Bestimmungen wurden von ein und demselben Untersucher vorgenommen.

In der zitierten Arbeit konnten durchgängig die Stadien D-H nach Demirjian bei den untersuchten Populationen bestimmt werden. Zusammenfassend konnten Olze et al. (2004d) feststellen, dass die Ergebnisse für die Zähne 18, 28, 38 und 48 eine

ähnliche Signifikanzstruktur aufwiesen. Japanische Männer und Frauen waren beim Erreichen der Stadien D-G circa 1-2 Jahre älter als die deutschen Männer und Frauen. Hingegen waren die südafrikanischen Probanden beim Erreichen der betreffenden Stadien circa 1-2 Jahre jünger als die deutschen Probanden. Die festgestellten Populationsunterschiede können nach Ansicht der Autoren möglicherweise auf die unterschiedlichen Gaumenmaße der verschiedenen Ethnien zurückgeführt werden. Olze et al. (2004d) schlussfolgerten, dass bei der Beurteilung der Weisheitszahnmineralisation im Rahmen forensischer Altersschätzungen bei Lebenden zur Erhöhung der Aussagesicherheit populationsspezifische Standards benutzt werden sollten.

Weisheitszahneruption. Der Zahndurchbruch und hier insbesondere der Durchbruch der Weisheitszähne stellt in zivilrechtlichen und Asylverfahren, in welchen keine Röntgenaufnahmen zur Altersdiagnostik herangezogen werden können, oftmals die einzige valide Informationsquelle für eine forensisch - odontologische Altersschätzung dar. Darüber hinaus ist bei der Altersschätzung von Lebenden im Strafverfahren unter Einbeziehung des Eruptionsstatus' der Weisheitszähne ein zusätzlicher Informationsgewinn möglich. Lange unzureichend untersucht war, inwieweit ethnische Unterschiede hinsichtlich des zeitlichen Durchlaufens der verschiedenen Eruptionsstadien der Weisheitszähne bestehen.

Aufgrund der für die Weisheitszahnmineralisation vorgelegten Ergebnisse lag die Vermutung nahe, dass auch die Weisheitszahneruption in ihrem zeitlichen Ablauf ethnischen Einflüssen unterliegt.

In der Literatur finden sich einerseits radiologische Studien zur Weisheitszahneruption, andererseits wurde im Verlauf von klinischen Studien der zeitliche Ablauf der Weisheitszahneruption untersucht. Von besonderem Interesse sind hier Studien aus dem afrikanischen Raum. Ferner existieren verschiedene die Ethnien vergleichende Studien.

Adler et al. (1962) teilten ihre Untersuchungen über das mittlere Durchbruchsalter der Weisheitszähne in Zahnreihen mit vollständiger und Zahnreihen mit unvollständiger Dentition auf. Die Autoren kamen zu den folgenden Ergebnissen:

Mittleres Durchbruchsalter bei vollständiger Dentition

	Oberkiefer	Unterkiefer
Frauen	20,01 Jahre	19,11 Jahre
Männer	20,02 Jahre	19,11 Jahre

Mittleres Durchbruchsalter bei unvollständiger Dentition

	Oberkiefer	Unterkiefer
Frauen	18,08 Jahre	17,11 Jahre
Männer	18,09 Jahre	18,06 Jahre

Die unteren Weisheitszähne brechen nach Angaben der Autoren signifikant früher durch als die oberen. Sie weisen eine größere individuelle Variabilität auf als alle anderen Zähne, die Streuung liegt bei circa zwei Jahren. Nach Meinung der Autoren beschleunigt eine unvollständige Dentition den Durchbruch der Weisheitszähne.

Sillman (1964) gibt das mittlere Durchbruchsalter bei weißen Amerikanern mit 21,4 Jahren bei Männern und mit 21,54 Jahren bei Frauen an.

Haavikko (1970) untersuchte die Zahneruption und -mineralisation anhand von Orthopantomogrammen von 615 männlichen und 547 weiblichen Finnen im Alter von 2-21 Jahren. Die Weisheitszähne nahmen hier eine Sonderstellung ein, da sie lediglich hinsichtlich ihres alveolären Durchbruchs beurteilt werden konnten. Der alveoläre Durchbruch erfolgte im Mittel in einem Alter von 17,2 bis 18,1 und bei einer Standardabweichung von 3,9 bis 6,3 Jahren, wobei die Weisheitszähne der Frauen einen um 0,7 Jahren beschleunigten alveolären Durchbruch zeigten. Die Oberkieferweisheitszähne brachen im Mittel 0,1 bis 0,3 Jahre früher durch als die dritten Molaren im Unterkiefer. Seitenunterschiede wurden nicht erfasst. Die Probanden der ältesten Altersgruppe wiesen in nur 50-60% der Fälle gingival durchgebrochene dritte Molaren auf. Hinsichtlich der Zulässigkeit der Verwendung von Röntgenaufnahmen zur Beurteilung der Zahneruption verweist die Autorin auf zwei eigene Arbeiten. Mattila und Haavikko (1969) verglichen klinische und alveoläre Eruption des 1. Molaren bei 24 Kindern im Alter von fünf bis sechs Jahren. Es fand sich eine hohe Übereinstimmung hinsichtlich der Ergebnisse der klinischen und der röntgenologischen Untersuchung. In den Fällen, bei welchen röntgenologisch ein gingivaler Durchbruch angenommen worden war, tatsächlich jedoch der jeweilige

Zahn lediglich alveolär durchgebrochen war, bedeckte eine sehr dünne Schleimhautschicht die Okklusalfäche des durchbrechenden Zahns.

Haavikko und Mattila (1970) untersuchten an 136 finnischen Kindern den Grad der Übereinstimmung zwischen röntgenologisch bestimmtem gingivalem Durchbruch und der tatsächlichen klinischen Eruption der jeweiligen Zähne. Fehlbestimmungen erfolgten in 5% der Fälle. In der eingangs zitierten Studie (Haavikko, 1970) lag die Fehlerquote bezüglich der in der Altersgruppe der 5-13jährigen untersuchten 17314 Zähne lediglich bei 0,27%. Den alveolären Durchbruch sah die Autorin als gegeben an, wenn der alveoläre Knochen oberhalb der Okklusalfäche vollständig resorbiert war.

Gleiser und Hunt (1955), Schulz (1935), Bengston (1935) und Garn et al. (1957) definierten den alveolären Durchbruch als Durchbruch einer Höckerspitze oder der gesamten Kaufläche des Zahns bis über das Niveau des Randes des Alveolarfortsatzes.

Lewis und Garn (1960) gaben als Kriterium für den alveolären Durchbruch das Nichtvorhandensein von Knochen über dem Zahn an.

Bezüglich des gingivalen Durchbruchs gibt Haavikko (1970) als Kriterium das erste Durchdringen der Gingiva durch Teile der Zahnkrone an und verweist auf eine diesbezügliche breite Übereinstimmung in der Literatur. Die Autorin führt weiter an, dass in der Literatur Konsens über die Kombinierbarkeit der Kieferseiten besteht, bezüglich der Zahneruption beständen keine signifikanten Unterschiede zwischen linker und rechter Kieferseite. Nach Auswertung von 521 internationalen Studien zu möglichen Geschlechtsdifferenzen, sei in 494 der Studien geschlussfolgert worden, dass die Zähne der weiblichen Probanden früher durchbrechen würden als jene der männlichen Probanden. Die eigenen Untersuchungen hatten erbracht, dass bei Mädchen die oberen dritten Molaren 0,5 Jahre und die unteren Weisheitszähne 0,4 Jahre früher alveolär durchbrachen, als bei Jungen. Die Oberkieferweisheitszähne brachen früher alveolär durch, als die Unterkieferweisheitszähne.

Rantanen (1967) untersuchte den klinischen Durchbruch der dritten Molaren bei insgesamt 2218 männlichen und weiblichen Finnen im Alter von 16- 24 Jahren. In einer ersten Serie von Untersuchungen wurden die Probanden im Abstand von jeweils einem Monat insgesamt drei Mal untersucht. Eine Nachuntersuchung fand bei 1429 Probanden 17 Monate nach der Erstuntersuchung statt, wobei hier ebenfalls drei Untersuchungen im Abstand von jeweils einem Monat durchgeführt wurden. Für

den Durchbruch wenigstens eines Höckers (Stadium 2) wurde für die männlichen Probanden im Ober- bzw. Unterkiefer ein Medianwert von jeweils 21,7 beziehungsweise 21,8 Jahren ermittelt. Bei den weiblichen Probanden brachen die Weisheitszähne im Ober- beziehungsweise Unterkiefer mit 23,3 beziehungsweise 23,0 Jahren durch. Bei den männlichen Probanden brachen die Weisheitszähne somit etwa 1,5 Jahre früher durch als bei den weiblichen Probanden, die signifikanten Unterschiede zeigten sich sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer. Für das Sichtbarwerden der gesamten Okklusalfäche (Stadium 3) wurde im Oberkiefer für die männlichen beziehungsweise weiblichen Probanden ein Medianwert von 22,1 beziehungsweise 23,5 Jahren ermittelt. Der Zeitraum zwischen dem Durchbruch des ersten Höckers und dem Sichtbarwerden der gesamten Kaufläche umfasste bei den untersuchten Männern 0,4 und bei den Frauen 0,2 Jahre. Ferner zeigte sich eine tendenzielle Kieferseitenasymetrie hinsichtlich der Durchbruchzeiten. So brachen die oberen rechten Weisheitszähne früher als die linken und die unteren linken früher als die unteren rechten Weisheitszähne durch. Die Weisheitszähne brachen bei Männern und Frauen frühestens mit 17 Jahren durch.

Levesque et al. (1981) untersuchten 4640 Orthopantomogramme von 2278 männlichen und 2362 weiblichen Frankokanadiern im Alter von 7 bis 25 Jahren bezüglich des alveolären und klinischen Durchbruchs und der Mineralisation der dritten Molaren. Bei den weiblichen Probanden vollzog sich der alveoläre Durchbruch bezogen auf die Mittelwerte in einem Alter von 17,7 und bei den männlichen Probanden in einem Alter von 17,2 Jahren. Der klinische Durchbruch der Weisheitszähne vollzog sich bei den untersuchten weiblichen Probanden im Alter von 19,0 und bei den männlichen Probanden in einem Alter von 18,5 Jahren (Medianwerte). Demnach bestand hinsichtlich des alveolären beziehungsweise klinischen Durchbruchs der dritten Molaren ein Entwicklungsvorsprung der männlichen gegenüber den weiblichen Probanden in Höhe von 0,2 beziehungsweise 0,5 Jahren.

Müller (1983) ermittelte für insgesamt 823 männliche und weibliche Deutsche im Alter von 16-40 Jahren Medianwerte für den Durchbruch der dritten Molaren (20,36 beziehungsweise 20,29 Jahre). Es zeigte sich, dass in der Gruppe der 16jährigen Probanden kein dritter Molar durchgebrochen war und die Präsenz dritter Molaren erstmals bei 17jährigen Patienten festgestellt werden konnte. In einem Alter von 21 Jahren waren mehr als 50% der Vollzahl dritter Molaren durchgebrochen.

Ventä et al. (1991) untersuchten 123 finnische Zahnmedizinstudenten (39 Männer und 84 Frauen) im Alter von 20 Jahren. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren die Probanden 26 Jahre alt. Es wurden jeweils Orthopantomogramme gefertigt und ein klinischer Eruptionsstatus der unteren dritten Molaren gefertigt. Es wurden folgende radiographische Merkmale bestimmt: Stand der Wurzelentwicklung, Retentionsstatus, hier wurde unterschieden zwischen Weichgewebsretention, partieller knöcherner Retention und vollständiger knöcherner Retention; relative Tiefe der dritten Molaren, je nach Durchbruchstand wurden verschiedene Level zugeordnet: Okklusalfäche, Zahnhals oder Wurzelbereich der benachbarten zweiten Molaren; und die Relation der Weisheitszähne zum Unterkieferast und zum zweiten Molaren. Ferner wird bezüglich des klinischen Status der unteren dritten Molaren unterschieden in nicht durchgebrochene Zähne, diese Zähne hatten die Schleimhaut nicht penetriert, in partiell durchgebrochene Zähne, hier war die Okklusalfäche teilweise sichtbar und in durchgebrochene Zähne mit einer zumindest vollständig sichtbaren Okklusalfäche. 67% der dritten Molaren waren bei den Probanden im Alter von 26 Jahren durchgebrochen. Mehr als die Hälfte der im Alter von 20 Jahren mesioangulierten Zähne brach bis zum Alter von 26 Jahren nicht durch. Alle unteren Weisheitszähne, die im Alter von 20 Jahren genügend Platz zwischen dem zweiten Molaren und dem aufsteigenden Unterkieferast aufwiesen, brachen bis zum 26. Lebensjahr klinisch durch.

In einer weiteren Studie von Ventä et al. (1999) wurden die klinischen Veränderungen der dritten Molaren während einer 12jährigen Beobachtungsphase bei 81 Probanden im Alter von 20 bis 32 Jahren untersucht. Von jedem der 81 Studenten (32 Männer und 49 Frauen) wurde eine klinische Untersuchung und ein Orthopantomogramm zum Anfang (mittlere Alter $20,7 \pm 0,5$ Jahre) und zum Ende der Studie (mittlere Alter $32,6 \pm 0,6$ Jahre) gefertigt. Beim klinischen Durchbruch der dritten Molaren wurde in nicht durchgebrochen (nicht sichtbar), teilweise durchgebrochen (Teil der okklusalen Oberfläche sichtbar), durchgebrochen (vollständige okklusale Oberfläche sichtbar) und fehlend (radiographisch bestätigt) unterteilt. Zum Beginn der Studie waren 285 Weisheitszähne nicht-, teilweise- oder vollständig durchgebrochen. Bei der Abschlussuntersuchung waren 115 Weisheitszähne durchgebrochen. Während des 12jährigen Untersuchungszeitraums brachen 22% der Weisheitszähne durch, ein Teil der Zähne interessanterweise sogar

nach dem 26. Lebensjahr, 42% der Weisheitszähne waren zwischenzeitlich extrahiert oder operativ entfernt worden.

In einer weiterführenden Studie von Ventä et al. (2004) wurden 118 Probanden der Ausgangsstichprobe (37 Männer und 81 Frauen) hinsichtlich ihrer Weisheitszahnentwicklung über einen Zeitraum von insgesamt 18 Jahren untersucht. Zu Beginn betrug das mittlere Alter 20,2 Jahre (SD \pm 0,6 Jahre) und am Ende der Studie 38,6 Jahre (SD \pm 0,6 Jahre). Alle Probanden wurden zu Beginn und zum Ende der Studie klinisch und röntgenologisch untersucht. Ein Teil der Probanden (n = 69) wurde auch mit dem 32. Lebensjahr geprüft. Ein Großteil der anfänglich nicht durchgebrochenen oder teilweise durchgebrochenen dritten Molaren wurde während des Folgezeitraumes entfernt (73% bzw. 64%). Der Anteil von durchgebrochenen dritten Molaren erhöhte sich bis zum Alter von 38 Jahren stetig. Von den anfänglich nicht durchgebrochenen, teilweise durchgebrochenen, oder durchgebrochenen dritten Molaren, brachen jeweils 10%, 33%, und 50% bis zum 38. Lebensjahr durch. Waren bestimmte röntgenologische Merkmale, wie eine komplett abgeschlossene Wurzelbildung und ausreichend vorhandener Platz zwischen dem Ramus und dem zweiten Molaren, im Alter von 20 Jahren erkennbar, brachen die dritten Molaren durch. Ein im Alter von 20 Jahren gefertigtes Orthopantomogramm könne demnach radiographische Merkmale aufweisen, welche einen späteren Durchbruch oder eine Retention von unteren Weisheitszähnen vorhersagbar machen kann.

Rajasuo et al. (1993) verglichen in ihrer Studie die klinische Entwicklung der dritten Molaren bei jungen Männern mit den Werten von Ratanen (1967). Die Autoren bestimmten bei 867 männlichen Probanden im mittleren Alter von 19,9 Jahren (SD 1,1 Jahre) den klinischen Status der dritten Molaren (Anzahl der Weisheitszähne bei den 19 und 20jährigen; n = 651) und verglichen die Daten mit den von Ratanen untersuchten finnischen Studenten (Anzahl der Weisheitszähne bei den 19 und 20jährigen; n = 476). Es fanden sich signifikant mehr teilweise durchgebrochene und weniger vollständig durchgebrochene Weisheitszähne.

Für den Durchbruch der dritten Molaren wurden zum Teil beträchtliche Populationsunterschiede beschrieben. Während in europäischen Populationen die dritten Molaren in der Regel nicht vor dem 17. Lebensjahr durchbrechen (Müller 1983), berichten Brown (1978), Chagula (1960), Otuyemi et al. (1997) und Shouri (1946) über einen wesentlich früheren Eruptionsbeginn.

Shouri (1946) untersuchte die Eruption der permanenten Zähne bei 1412 Jungen und 474 Mädchen aus der Region Südindien (Madras) und 1713 Jungen aus der nordindischen Region um Lahore im Alter von 6-21 Jahren. Bei 1- 3% der südindischen Jungen brachen die Weisheitszähne in Ober- und Unterkiefer im Alter von 13 Jahren durch. Bei 4% der südindischen Mädchen war im Alter von 13 Jahren wenigstens ein dritter Molar durchgebrochen. Bei 0,5– 0,7% der nordindischen Jungen war mindestens Weisheitszahn im Alter von 13 Jahren durchgebrochen.

Chagula (1960) untersuchte die Weisheitszahneruption bei 990 schwarzen männlichen ugandischen Probanden im Alter von 6– 26 Jahren. Bei insgesamt sechs Probanden war mindestens ein dritter Molar in die Mundhöhle durchgebrochen. Im Ergebnis wurde zusammenfassend formuliert, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von eins zu zehn bei einem schwarzafrikanischen Probanden im Alter von 14 Jahren alle vier Weisheitszähne durchgebrochen sind. Die Wahrscheinlichkeit für den Durchbruch aller vier Weisheitszähne wurde für ein Alter von 16, 18 und 21 Jahren mit jeweils eins zu zwei, drei zu fünf und vier zu fünf angegeben. Für den gegenüber kaukasischen Populationen offensichtlich früher ablaufenden Weisheitszahndurchbruch werden genetische und hormonelle Ursachen angeführt.

Brown (1978) untersuchte den Durchbruch der permanenten Zähne bei 125 australischen eingeborenen Kindern. Der zeitliche Ablauf des Zahndurchbruchs wird mit den an Australiern europäischen Ursprungs gewonnenen Daten verglichen. Bei den eingeborenen Mädchen brach die Mehrzahl der Zähne früher durch als bei den Jungen. Verglichen mit australischen Europiden zeigten die eingeborenen Kinder einen früheren Durchbruch. Nach Ansicht des Autors wird bei den Eingeborenen der Vorgang des Zahndurchbruchs und nachfolgenden Ausrichtens durch angemessenen Raum und kompensatorisches Knochenwachstum in der Alveolarregion unterstützt. Die Weisheitszähne brachen bei den männlichen eingeborenen Probanden im Oberkiefer im Mittel mit 16,8 und im Unterkiefer mit 16,5 Jahren bei einer Standardabweichung von 1,3 Jahren und bei den weiblichen eingeborenen Probanden im Ober- und Unterkiefer mit 16,1 Jahren bei einer Standardabweichung von 1,3 beziehungsweise 1,0 Jahren durch.

Ajmani et al. (1986) untersuchten die Eruption der Weisheitszähne bei 654 männlichen und 584 weiblichen schwarzen Nordnigerianern im Alter von 11 bis 23 Jahren. Der Weisheitszahndurchbruch begann bei den Jungen im Alter von 18 Jahren ein wenig früher im Vergleich zu den Mädchen im Alter von 18,5 Jahren. Im

Allgemeinen brachen die dritten Molaren bei den Nigerianern zwischen dem Alter von 15 bis 21 Jahren durch. Bei 5% der untersuchten schwarzen Probanden scheiterten der Weisheitszahndurchbruch. Ferner konnte ein Weisheitszahndurchbruch auf der linken Seite früher beobachtet werden als auf der rechten Kieferhälfte. Die Zähne des Unterkiefers brachen früher durch als die des Oberkiefers.

Odusanya und Abayomi (1991) untersuchten 258 Probanden, 125 männliche und 133 weibliche Kinder und Jugendliche aus dem südwestlichen Teil Nigerias hinsichtlich des Durchbruchs der dritten Molaren. Das Alter der Schüler lag zwischen dem 11. und 20. Lebensjahr. Die Autoren gaben als Definition des Zahndurchbruchs die Penetration eines Teils der Krone durch die Mundschleimhaut an. Der Großteil des initialen Weisheitszahndurchbruchs konnte bei männlichen Probanden im Alter mit 15 Jahren und bei weiblichen Probanden sogar schon mit 13 Jahren ermittelt werden. Im Alter von 11 oder 12 Jahren konnten keine durchgebrochenen dritten Molaren beobachtet werden. Der Anteil der durchgebrochenen dritten Molaren erhöhte sich langsam bei beiden Geschlechtern bis zum Alter von 16 Jahren bei Jungen und 14 Jahren bei Mädchen. Danach konnte ein steiler Anstieg bei beiden Geschlechtern registriert werden. Der Durchbruch aller vier dritten Molaren war mit dem 19. Lebensjahr für beide Geschlechter gleich wahrscheinlich. Die dritten Molaren brachen im Oberkiefer signifikant früher als im Unterkiefer durch.

Otuyemi et al. (1997) ermittelten bei insgesamt 1071 11– 21 Jahre alten Kindern und Jugendlichen aus ländlichen Gebieten Nigerias die Durchbruchzeiten der dritten Molaren. Der jüngste männliche Proband war 14 Jahre, die jüngste weibliche Probandin 13 Jahre alt. Die Gruppe der weiblichen Probanden war statistisch signifikant jünger als die männlichen Probanden ($P < 0,01$). Der früheste Durchbruch der Weisheitszähne konnte bei den insgesamt 523 männlichen Probanden ab einem Alter von 14 Jahren und bei den insgesamt 548 Mädchen im Alter von 13 Jahren festgestellt werden. Bei 1,1 Prozent der untersuchten Population waren alle vier Weisheitszähne im Alter von 14 Jahren in die Mundhöhle durchgebrochen. Das mittlere Alter, in welchem 1, 2 oder 3 Weisheitszähne durchgebrochen waren, betrug für die Gesamtpopulation 16,58 Jahre ($SD = 1,66$), respektive waren alle vier Weisheitszähne im Mittel mit 17,50 Jahren ($SD = 1,56$) durchgebrochen. Der im Gegensatz zu europäischen und amerikanischen Werten früher einsetzende

Durchbruch der Weisheitszähne wird von den Autoren auf die Ernährung mit überwiegend grobfaseriger Nahrung zurückgeführt.

Es wurden keine rechts – links Divergenzen festgestellt, der Durchbruch der dritten Molaren erfolgte im Unterkiefer signifikant früher. Die im Zusammenhang mit dem Durchbruch der Weisheitszähne typischen Probleme treten bei jungen nigerianischen Landbewohnern früher in Erscheinung als bei Gleichaltrigen westlicher Länder.

Olasoji und Odusanya (2000) haben an 2400 20jährigen nigerianischen Probanden untersucht, inwieweit die Herkunft der Probanden die Prävalenz des Auftretens von retinierten Weisheitszähnen beeinflusst. Bei 10,7% der Probanden mit städtischer und bei 1,1% der Probanden mit ländlicher Herkunft wurde mindestens ein retinierter Weisheitszahn gefunden. Der Grad der Zivilisation und der Wandel in der Ernährungsweise scheint nach Ansicht der Autoren die Prävalenz des Auftretens von retinierten Weisheitszähnen auch in einer schwarzafrikanischen Population zu beeinflussen.

Die Aussagefähigkeit letzterer Studien ist aufgrund zweifelhafter Altersangaben der Probanden eingeschränkt. So resümierten Krumholt et al. (1971) nach Untersuchungen zur Weisheitszahneruption bei schwarzen ugandischen Kindern, dass Geburtsdokumente in Uganda nicht von jeder Person zu erlangen seien und dass das Alter einer Person hier eine untergeordnete Rolle spielen würde.

Vergleichende Studien zu den Durchbruchzeiten der dritten Molaren liegen für schwarze und weiße US-Amerikaner, Afrikaner sowie Asiaten vor.

Fanning (1962) untersuchte den klinischen Durchbruch der dritten Molaren bei 2370 männlichen und 1053 weiblichen weißen Nordamerikanern im Alter von 13 bis 22 Jahren aus der Region Boston und verglich die gewonnenen Daten mit den von Chagula (1960) für eine schwarzafrikanische Population mitgeteilten Werten. Ferner wurden die Probanden jeweils in eine Gruppe mit (Gruppe 1) und ohne Extraktionen (Gruppe 2) im bleibenden Gebiss unterteilt. Es wurden die Medianwerte ermittelt. Die Oberkieferweisheitszähne brachen bei den Männern der Gruppe 1 im Alter von 19,1 und der Gruppe 2 mit 20,5 Jahren durch. Bei den Frauen der Gruppe 1 und Gruppe 2 erfolgte der gingivale Durchbruch der dritten Molaren im Oberkiefer mit 19,2 beziehungsweise 20,5 Jahren. Die Unterkieferweisheitszähne brachen bei den Männern der Gruppe 1 im Alter von 18,1 und der Gruppe 2 mit 19,8 Jahren durch. Bei den Frauen der Gruppe 1 und Gruppe 2 erfolgte die Eruption der dritten Molaren im Unterkiefer mit 18,9 beziehungsweise 20,4 Jahren. Demnach betrug der

Entwicklungsvorsprung der männlichen und weiblichen Probanden mit Extraktionen im bleibenden Gebiss gegenüber jenen ohne Zahnentfernungen von bleibenden Zähnen im Oberkiefer 1,4, beziehungsweise 1,3 Jahre und im Unterkiefer 1,7 beziehungsweise 1,5 Jahre. Im Vergleich mit den von Chagula (1960) mitgeteilten Daten ergab sich ein Entwicklungsvorsprung der Afrikaner gegenüber den Nordamerikanern (Gruppe 2) in Höhe von 2,5 Jahren im Alter von 13-16 und von 1,25 Jahren im Alter von 17-20 Jahren.

Garn et al. (1972) untersuchten den Zahndurchbruch aller permanenten Zähne bei 953 schwarzen und 998 weißen US-Amerikanern. Im Oberkiefer zeigten die schwarzen US-Amerikaner einen Entwicklungsvorsprung von 3,7 Jahren, im Unterkiefer von 5,6 Jahren.

Eine Zusammenstellung der jeweiligen röntgenologisch und klinisch ermittelten Mittel- und Medianwerte für Ober- und Unterkieferweisheitszähne im Vergleich zu den eigen ermittelten Werten zeigen die Tabellen 5 und 6.

Hassanali (1985) verglich die Eruptionszeiten der dritten Molaren bei 1343 Afrikanern und 1092 Asiaten in Kenia. Bei den afrikanischen Probanden brachen die Weisheitszähne im Unterkiefer im Median mit 17,6 bis 18,3 Jahren und im Oberkiefer mit 18,5 bis 18,9 Jahren durch. Der Weisheitszahndurchbruch vollzog sich bei den asiatischen Probanden im Unterkiefer im Median mit 19,9 bis 20,3 und im Oberkiefer mit 20,7 bis 21,0 Jahren. Der Entwicklungsvorsprung der Afrikaner betrug somit zwei bis drei Jahre. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass bei den untersuchten afrikanischen Probanden der Weisheitszahndurchbruch mit 13 Jahren beginnt und dass im Alter von 18,5 Jahren bei 50% der untersuchten schwarzen Probanden alle vier Weisheitszähne durchgebrochen waren.

Bei den untersuchten asiatischen Probanden begann der Durchbruch der dritten Molaren im Alter von 15 Jahren, im Alter von 21,5 Jahren waren bei 50% der Asiaten alle vier Weisheitszähne durchgebrochen. Die afrikanischen Frauen wiesen gegenüber den Männern einen Entwicklungsvorsprung von 0,3 bis 0,4 Jahren auf, während sich die Weisheitszahneruption bei den asiatischen Frauen gegenüber den Männern um 0,3 Jahre verzögert vollzog.

In einer Übersichtsarbeit zu Wachstum und Entwicklung in Japan präsentiert Kimura (1984) Mittelwerte für den Zahndurchbruch der dritten Molaren (19,8 Jahren für Männer, 21,0 Jahre für Frauen). Er vergleicht diese Daten mit von Fanning (1962) für

weiße Nordamerikaner mitgeteilten Werten und kommt zu dem Ergebnis, dass die Angaben in enger Übereinstimmung stehen.

Olze et al. (2007a, 2007b, 2007c, 2008) haben in breit angelegten Einzel- und einer Vergleichsstudie Daten zum Einfluss der ethnischen Abstammung auf die Weisheitszahneruption vorgelegt. Zur Untersuchung kamen insgesamt 2482 konventionell gewonnene Orthopantomogramme von 666 Deutschen, 1300 Japanern und 519 schwarzen Südafrikanern mit gesicherten Geburtsdaten. Die Beurteilungen wurden stets von ein und demselben Untersucher vorgenommen. Es wurden folgende Stadien eingeteilt: Stadium A (Okklusalfläche in Durchbruchrichtung von alveolärem Knochen bedeckt), Stadium B (alveolärer Durchbruch), Stadium C (gingivaler Durchbruch) und Stadium D (Einstellung in die Kauebene). Die untersuchten Deutschen nahmen hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs des Erreichens des jeweiligen Eruptionsstadiums nach Olze et al. eine Zwischenstellung ein. Statistisch signifikante Populationsunterschiede wurden bei Frauen hinsichtlich des Erreichens der Stadien A, B und C festgestellt. Die südafrikanischen schwarzen Frauen erreichten die genannten Stadien im Mittel 1,6 bis 1,8 Jahre früher als die deutschen Frauen. Die japanischen Frauen waren hingegen bei Erreichen der angegebenen Stadien 0,9 bis 3,3 Jahre älter als die deutschen Frauen. Hinsichtlich der männlichen Probanden bestanden statistisch signifikante Populationsunterschiede bezüglich des Erreichens der Stadien A und B. Die südafrikanischen schwarzen Männer waren bei Erreichen der genannten Stadien 3,0 bis 3,2 Jahre jünger als die deutschen Probanden, die japanischen Männer waren hingegen 3,1 bis 4,2 Jahre älter als die südafrikanischen Männer.

Ein Vergleich der eigenen Untersuchungsergebnisse mit jenen anderer Forschergruppen ist, ist auch hier, verursacht durch unterschiedliche Studiendesigns, verschiedene Untersucher und oftmals nicht gesicherte Geburtsdaten, nicht möglich. Erschwert wird der Vergleich ferner durch die Tatsache, dass von verschiedenen Autoren Medianwerte, von anderen hingegen Mittelwerte und in einigen Fällen beide Werte angegeben worden sind. Darüber hinaus ist zwischen klinischen und radiologischen Studien zu unterscheiden. In einem Fall (Haavikko 1970) werden lediglich Werte für den alveolären Durchbruch angegeben.

Zum Einfluss der Gaumen- und Kiefermaße/der Platzverhältnisse auf das Eruptionsverhalten. Die hier ansatzweise erkennbaren Populationsunterschiede können möglicherweise auf die unterschiedlichen Gaumen- und Kiefermaße der einzelnen Ethnien zurückgeführt werden.

Byers et al. (1997) beschrieben für die verschiedenen Ethnien unterschiedliche Gaumenformen. Die Autoren beschreiben die Gaumen der Kaukasoiden als parabelförmig, gequetscht oder schmal. Die Gaumen der Negroiden seien eher lang, schmal und parallelseitig. Die Mongoliden besäßen schließlich jeweils kurze und breite Gaumen. Die Autoren gingen der Frage nach, ob die Formen, welche von früheren Untersuchern bereits beschrieben worden sind, auch bei den ethnischen Hauptgruppen in den Vereinigten Staaten zu finden sind. Die größten Gaumenmaße wurden bei Schwarzen gefunden. Die Autoren werteten Breitenmessungen der Gaumen an insgesamt 414 weißen und schwarzen US-Amerikanern und indianischen Ureinwohnern aus, um Unterschiede zwischen den einzelnen ethnischen Gruppen zu erfassen. Es wurden sieben Messungen durchgeführt. Dazu zählten der Abstand zwischen den mittleren Schneidezähnen (I1I1), zwischen den Eckzähnen (C1C1), zwischen den zweiten Prämolaren (P2P2) und zweiten Molaren (M2M2). Weiterhin wurde die Distanz zwischen mittlerem Schneidezahn und Eckzahn (I1C1), die Entfernung zwischen mittlerem Schneidezahn und zweitem Prämolaren (I1P2) und die Entfernung zwischen mittlerem Schneidezahn und zweitem Molaren (I1M2) bestimmt. Die Ergebnisse zeigten, dass bei unbekanntem Geschlecht in 66,3% der Fälle die korrekte ethnische Gruppe zugeordnet werden konnte. War das Geschlecht bekannt, konnte die korrekte ethnische Gruppe bei 69% der Männer bzw. 71,3% der Frauen zugeordnet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass bezüglich der Männer alle vorgenommenen Messungen, ausgenommen der Abstand I1I1, für die Unterscheidung der ethnischen Gruppen aussagefähig waren. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die gewählten Messungen geeignet erscheinen, um die jeweiligen ethnischen Gruppen gegeneinander abzugrenzen.

Burris und Harris (1998) wandten sich in ihrer Untersuchung ebenfalls den, so vermutet, unterschiedlichen Gaumenmaße bei schwarzen und weißen US-Amerikanern zu und gingen der Frage nach, ob anhand bekannter Gaumenmaße eine Rassen- oder Geschlechtsbestimmung möglich ist. Es erfolgten Messungen der Breite und Tiefe des jeweiligen Gaumens. Das Probandengut der prospektiven Studie bestand aus insgesamt 332 Erwachsenen und jungen Heranwachsenden mit

permanenter Dentition. Jeweils zur Hälfte bestand die Stichprobe aus schwarzen und weißen US-Amerikanern, wobei das Probandengut proportional zwischen Männern und Frauen geteilt wurde. Die Messungen erfolgten an gefertigten Modellen der Oberkiefer jeweils zwischen den Höckerspitzen der Zähne. Die schwarzen Probanden, mit einem eher quadratischen Gaumen, wiesen hierbei einen primär größeren Abstand zwischen den Prämolaren und einen größeren Abstand zwischen dem ersten Prämolaren und zweiten Molaren auf. Die Autoren fanden signifikante Geschlechtsunterschiede bezüglich der Gaumenmaße. Eine Geschlechtsbestimmung in Unwissenheit der ethnischen Zugehörigkeit war nicht sicher möglich. Wenn jedoch die ethnische Zugehörigkeit bekannt war, konnte anhand der Gaumenmaße mit hoher Wahrscheinlichkeit das Geschlecht festgestellt werden. Die untersuchten Männer zeigten signifikant größere Gaumen als die Frauen. Der durchschnittliche Unterschied zwischen schwarzen und weißen Amerikanern war größer (8%), als der Unterschied der Geschlechter innerhalb beider ethnischen Gruppen (3%). Die zitierte Studie von Burris und Harris (1998) zeigt, dass die Unterschiede der ethnischen Zugehörigkeit vor allem in der Eckzahn- und der Region der ersten Prämolaren zu finden sind. Die Gaumen der untersuchten weißen US-Amerikaner zeigten eine eher elliptische Gaumenform. Die schwarzen Probanden zeigten, bedingt durch die größere Breite im mittleren Abschnitt, eine eher U-förmige Gaumenform.

In einer weiterführenden Studie von Burris und Harris (2000) wurde die Oberkiefergröße und -form bei schwarzen (n= 171) und weißen (n= 159) Amerikanern untersucht. Bei schwarzen Amerikanern konnten größere Zähne als bei weißen Amerikanern gefunden werden. Die Zähne der schwarzen Population standen, wahrscheinlich aufgrund der größeren Zahnbögen, weniger gedrängt im Kiefer. Die Studie untersuchte Unterschiede in der Zahnbogengröße und -form der betrachteten US-Populationen. Die durchschnittlich ermittelten Zahnbogenbreiten bei schwarzen waren um 10% größer als bei weißen US-Amerikanern. Die durchschnittlich ermittelte Zahnbogenbreite war bei schwarzen im Mittel 9% größer als bei weißen Männern. Schwarze wiesen 11% größere Zahnbogenbreiten auf als weiße Frauen. Die schwarze Population, mit einem eher quadratischen Gaumen und einem signifikant größeren Gaumenindex, zeichnete sich im Gegensatz zu den weißen US-Amerikanern primär durch größere Eckzahn- und Prämolarenbreiten aus. Es konnte gezeigt werden, dass schwarze eher größere Gaumenmaße aufweisen als

weiße Amerikaner und somit bei ihnen ein höheres Platzangebot („extra space“) für durchbrechende Zähne besteht.

Ein mangelndes Platzangebot in Bereich der Kiefer führt zu einer Verzögerung des Weisheitszahndurchbruchs beziehungsweise zu dessen Retention (Fanning 1962).

Ein Platzüberschuss innerhalb des Kieferverlaufs, beispielsweise nach Extraktion der ersten beziehungsweise zweiten Molaren oder zweiten Prämolaren, fördert die Eruption der dritten Molaren (Orton-Gibbs et al. 2001, Kim et al. 2003, Ay et al. 2006, Artun et al. 2006, De la Rosa Gay et al. 2006).

Diese Beobachtungen würden möglicherweise die ethnischen Differenzen bezüglich des zeitlichen Durchlaufens der verschiedenen Stadien des Weisheitszahndurchbruchs erklären.

Darüber hinaus scheinen retinierte dritte Molaren später zu mineralisieren als im Durchbruch nicht behinderte Weisheitszähne (Köhler et al. 1994). Gestützt wird diese These durch die Untersuchungen von Drosos (2005). Je stärker der durchbrechende Zahn durch den Nachbarzahn oder aufsteigenden Unterkieferast am Durchbruch gehindert würde, desto stärker verzögere sich sein Wurzelwachstum. Die Wurzelmineralisation könne sich demnach um bis zu 3,5 Jahre verzögern.

Die Ursachen für eine Retention oder Halbretention von Weisheitszähnen werden verständlicher und damit mittelbar mögliche ethnische Unterschiede hinsichtlich des Platzangebotes im Kiefer und ihre möglichen Auswirkungen auf die Durchbruchzeiten der dritten Molaren erklärbarer, wenn der Zusammenhang von postnatalem Gesichts- und Kieferwachstum einerseits und Entwicklung der Dentition andererseits als komplexes Gefüge betrachtet werden. Darüber hinaus erscheinen grundsätzliche Betrachtungen hinsichtlich der Faktoren, welche eine Retention der dritten Molaren fördern können, als hilfreich.

In einer Studie zu den sagittalen Platzverhältnissen in der Maxilla während des Durchbruchs der Molaren von Tschechne, Müller und Dibbets (2008) wurden die Platzverhältnisse in der Maxilla während des Durchbruchs der Molaren vermessen und interpretiert. Dazu wurden die Schädelmaße von 154 Probanden vom Kleinkind- bis hin zum Erwachsenenalter erfasst. Zusätzlich wurden je nach Durchbruchstatus der Molaren 4 Gruppen eingeteilt. Die vermessenen Strecken basierten auf fünf definierten Messpunkten: Es wurde der Abstand vom Hinterrand der Maxilla bis zum jeweils distalsten Punkt des letzten bereits vorhandenen Molaren in der Zahnreihe gemessen. Es wurde festgestellt, dass der Durchbruch der 1. bleibenden Molaren

nicht platzabhängig ist, da schon weit vor seinem regelrechten Durchbruch ein ausreichendes Platzangebot vorhanden ist. Der Durchbruch des 1. bleibenden Molaren erfolgt jedoch trotz dieser Umstände nicht vor dem 5.-6. Lebensjahr. Im Gegensatz hierzu scheint der Durchbruch des 2. Molaren vom Platzangebot abzuhängen, da er durchbricht, sobald der distale Platz ausreicht. Ob der Durchbruchzeitpunkt des 3. Molaren platzabhängig ist wird nicht erwähnt. Es konnte aber gezeigt werden, dass meist schon vor dem 18. Lebensjahr genug Platz zum Durchbruch aller Zähne im Zahnbogen vorhanden ist, aber nach dem 18. Lebensjahr noch Wachstum am Hinterrand der Maxilla stattfindet, woraus sich ergibt, dass der Zeitpunkt der Extraktion der 3. Molaren später gewählt werden kann, da doch noch eine regelrechte Einordnung in den Zahnbogen möglich werden kann.

Tsai (2005) untersuchte in einer Studie, welche möglichen Faktoren einen Einfluss auf das Durchbruchsverhalten der Unterkieferweisheitszähne haben können. Dazu wurden 152 Taiwanesen (72 Männer und 80 Frauen) im Alter von 20 -25 Jahren untersucht. Alle waren vollständig bezahnt und waren weder kieferorthopädisch, noch prothetisch behandelt worden. Die Probanden wurden in 2 Gruppen eingeteilt: Die erste Gruppe (n=74, 30 männliche und 44 weibliche Probanden) wiesen im Unterkiefer keine retinierten dritten Molaren auf. Die zweite Probandengruppe wurde aus 42 männlichen und 36 weiblichen Probanden (n=78) mit impaktierten Unterkieferweisheitszähnen gebildet. Im Ergebnis der Studie wurden Parameter festgestellt, welche eine Retention der dritten Molaren im Unterkiefer beeinflussen können:

1. Neigungswinkel und mesio-distale Zahnbreite der Unterkiefermolaren,
2. horizontales und vertikales Platzangebot zwischen der Vorderseite des aufsteigenden Unterkieferastes und distaler Fläche der zweiten Molaren,
3. Länge und Breite des Unterkieferramus und –korpus,
4. Neigung des UK- Ramus,
5. der plane angle (Winkel zw. FH und UK- Basis) und
6. Kieferwinkel

Auf Durchzeichnungen der Röntgenbilder wurden die Mittelwerte von 16 Messstrecken ermittelt und in einem Koordinatensystem für männliche und weibliche Probanden getrennt graphisch dargestellt. Für beide Geschlechter wurde festgestellt, dass die Gruppe mit retinierten Weisheitszähnen im Bereich der unteren ersten Molaren höhere Werte bezüglich der mesio-distalen Kronenbreite aufwies. Der

Abstand zwischen der Distalfläche der 2. Molaren und aufsteigendem Unterkieferast war kleiner, als bei der Gruppe mit durchgebrochen dritten Molaren.

Zuvor von Kaplan (1975), Richardson (1973), Richardson (1975) und Richardson (1978) durchgeführte Studien konnten nachweisen, dass der Durchbruch von 3. Molaren im Unterkiefer vor allem platzabhängig ist, Neuheitswert besaß jedoch die Erkenntnis, dass im Unterkiefer die Kronengröße der 1. Molaren, wie auch die Breite des Ramus das Durchbruchverhalten der dritten Molaren offensichtlich entscheidend beeinflussen können.

In einer Untersuchung von De la Rosa Gay et al. (2006) zum spontanen Durchbruch der Weisheitszähne nach Extraktion der 2. Molaren im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung wurde die Abhängigkeit zwischen Durchbruchsaktivität und Platzangebot untersucht. Das Probandengut bestand aus 48 Patienten (19 männlich und 29 weiblich) im Alter zwischen 11 und 23 Jahren. Den Probanden wurden im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung 128 zweite bleibende Molaren (74 im Unterkiefer und 54 im Oberkiefer) als Alternative zur Prämolarenentfernung extrahiert, und somit der Durchbruch der 3. Molaren ermöglicht. Auf Orthopantomogrammen wurde der Winkel des dritten zum ersten Molaren vor und nach der Extraktion des 7ers ermittelt und anhand der Differenz der beiden Winkel die Aufrichtung des Zahnes errechnet. Ein erfolgreicher Durchbruch war durch das Erreichen der Kauebene und einen Winkel zwischen 6er und 8er von nicht mehr als 35° definiert. Die mittlere Durchbruchszeit nach Extraktion der 2. Molaren betrug 3-4 Jahre. Ziel der Studie war herauszufinden, wie hoch der Anteil an regelrecht durchgebrochenen dritten Molaren wäre, welchen Betrag das Ausmaß der Aufrichtung in Bezug auf den ersten Molaren erreichen und welchen Zeitraum der Durchbruch der dritten Molaren nach Extraktion der 7er beanspruchen würde. Ziel der Studie war, Faktoren zu ermitteln, welche den regelrechten Durchbruch der dritten Molaren fördern würden. Während im Oberkiefer 96,2% der untersuchten Weisheitszähne eine regelrechte Position im Kiefer einnahmen, waren es im Unterkiefer nur 66,2%. Daher werden die Ergebnisse für beide Kiefer getrennt beschrieben. Alle 8er im Oberkiefer brachen durch. Von diesen erreichten 4 keinen Approximalkontakt und 3 nicht die Kauebene, wobei jeweils die Antagonisten ebenfalls nicht korrekt durchgebrochen waren. Es wurde ein Zusammenhang sowohl zum Probandenalter, als auch zum Entwicklungsstatus der Zähne deutlich: die 4 nicht erfolgreich durchgebrochenen Zähne gehörten 3 der ältesten Teilnehmerinnen

(20 Jahre: 1 Zahn, 21 Jahre: 1 Zahn, 23 Jahre 2 Zähne). Alle 4 Zähne hatten bereits einen Zahnentwicklungsstatus nach Nolla (1960) von 9 (root almost formed) und 10 (closed apex) erreicht. Im Unterkiefer brachen 4 (5,4%) Molaren überhaupt nicht durch, 14 (18,9%) erreichten keinen Approximalkontakt und 10 (13,5%) erreichten nicht die Okklusionsebene.

Breik und Grubor (2008) haben eine Untersuchung zur Häufigkeit der Impaktierung von Weisheitszähnen bei unterschiedlichen skelettalen Gesichtstypen durchgeführt. Im Verlauf dieser Studie sollte festgestellt werden, welchen Einfluss der faciale Wachstumstyp auf die Durchbruchwahrscheinlichkeit von Unterkieferweisheitszähnen hat. Grundsätzlich wurde angenommen, dass das Platzangebot distal der zweiten bleibenden Molaren bis zum aufsteigenden Unterkieferast ausschlaggebend für das Durchbruchverhalten wäre. Als Hypothese lag zugrunde, dass bei einem brachiofazialen (horizontalen) Wachstumsmuster weniger impaktierte dritte Molaren zu beobachten sind als beim mesio- und dolichofazialen (vertikalen) Wachstumsmuster. Die Studie wurde von 2004 bis 2005 mit 98 Patienten am Royal Dental Hospital in Melbourne durchgeführt. Zur Untersuchung kamen 39 Probanden mit brachiofazialem, 28 mit mesiofazialem und 30 mit dolichofazialem Wachstumstyp. Alle Probanden waren älter als 16 Jahre und voll bezahnt. Eingeschlossen waren ausschließlich Probanden mit dritten Molaren, deren Wurzeln zu mehr als 2/3 ausgebildet waren. Anamnestisch war keine kieferorthopädische oder kieferchirurgische Behandlung bekannt. Grundlage der Untersuchung waren Orthopantomogramme und Fernröntgenseitenbilder. Allgemein zeigte sich eine Impaktionsrate der dritten Unterkiefermolaren von 58,76%. Dieser relativ hohe Wert lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass die Probanden im Rahmen einer bevorstehenden kieferorthopädischen Behandlung rekrutiert wurden und somit Malokklusion oder Platzmangel aufwiesen. Der Vergleich zwischen den 3 Gruppen zeigte einen signifikanten Unterschied der Durchbruchrate der brachiofazialen Gruppe, bei dieser brachen 62,82% der Zähne durch, und der dolichofazialen, in welcher 31,67% der Weisheitszähne durchgebrochen waren. Die mesiofaziale Wachstumsumgruppe wies mit 29,31% die geringste Durchbruchrate auf. Sandhu und Kauer (2008) untersuchten in einer retrospektiven Studie die standardisiert gefertigten Orthopantomogramme von 43 vollbezahnten indischen jugendlichen Probanden. Die Autoren konnten zeigen, dass sich Positions- und Angulationsänderungen der unteren dritten Molaren meist erst nach dem 19.

Lebensjahr zeigen. Betroffen waren vor allem vertikal und distoangulär verlagerte und weniger mesioangulär verlagerte Weisheitszähne. Zunächst impaktierte dritte Molaren brachen später durch. Es wurden 2 Beurteilungen der Zähne und ihrer Positionsänderungen im Abstand von 4 Jahren durchgeführt. Zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung befanden sich die Probanden in einem Alter von durchschnittlich 19,1 und zum Zeitpunkt der zweiten Untersuchung in einem Durchschnittsalter von 23,1 Jahren. Sagittale Inklinationsbewegungen waren bei 15% der Unterkiefer- und 23% der Oberkieferweisheitszähne zu beobachten, Insgesamt 26% der Oberkieferweisheitszähne zeigte im Beobachtungszeitraum eine Veränderung des Eruptionsstatus. Im Unterkiefer zeigte sich, dass 50 % der zunächst distoangulär, 37,5% der vertikal verlagerten und 13,6% der mesial angulierten Zähne zum Ende des Untersuchungszeitraums die Kauebene erreicht hatten. Die Anzahl der Weisheitszähne mit vollendetem Wurzelwachstum erhöhte sich im Unterkiefer im Verlauf des Untersuchungszeitraums von 61% auf 93%. Im Oberkiefer erhöhte sich dieser Anteil von 62% auf 94,5%.

Spezielle Diskussion der eigenen Ergebnisse. Lebensalterassoziierte Umbauvorgänge des Pulpa-Dentin-Komplexes und des Parodontiums sind hinlänglich bekannt, finden in der Literatur Beachtung und werden in ihrer Ausprägung einerseits ursächlich vom Einwirken bestimmten Umweltfaktoren bestimmt. Auf der anderen Seite vollziehen sich diese Umbauvorgänge unabhängig von äußeren Einflussfaktoren rein lebensalterabhängig (Gustafson 1950, Johanson 1971, Ketterl 1983, Nitzan et al. 1986, Zuhrt 1991, Burke und Samarawickrama 1995).

Nach Gustafson (1950) stellen die Abnutzung (Abrasion), die Anlagerung von Sekundärdentin im Pulpencavum der Zahnkronen und -wurzeln, die Verschiebung der Parodontalgewebe, die von der Wurzelspitze her beginnende, zunehmende Ausbildung der Wurzelidentintransparenz, die Zementapposition und resorptive Vorgänge im Wurzelbereich typische Erscheinungen dar, welche im Zusammenhang mit dem erreichten Lebensalter stehen (Abbildung 13).

Gustafson (1950)



Abbildung 13: Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1950)

Sowohl die Hart- wie die Weichgewebe von Zähnen und Zahnhalteapparat sind konstanten Änderungen unterworfen. Diese beginnen unverzüglich mit dem Durchbruch und halten das gesamte Leben hindurch an. Eine genaue Abgrenzung zwischen physiologischen und pathologischen Veränderungen ist nicht möglich (Ketterl 1983). Die altersbedingten Vorgänge laufen in ähnlicher Weise bei durchgebrochenen und nicht durchgebrochenen Zähnen ab (Nitzan et al. 1986, Burke und Samarawickrama 1995). Der Schmelz unterliegt der Abrasion, außerdem verändern sich seine physikalischen Eigenschaften im Sinne einer Schmelzreifung durch Wasserverarmung und ähnlichen Vorgängen. Die altersbedingten Veränderungen im Dentin treten wesentlich offenkundiger zutage, wobei sich die biologischen Eigenschaften dieses Hartgewebes grundsätzlich wandeln. Das Dentin älterer Menschen ist durch eine kontinuierliche Verengung des Lumens der Dentinkanälchen charakterisiert, ebenso durch eine zunehmende Kalzifikation, eine Reduktion der peritubulären Flüssigkeit und eine abnehmende Sensitivität. Mit Fortschreiten dieses Prozesses kann das Dentin die Funktion des Schmelzes übernehmen, wenn dieser im Laufe des Lebens durch Abrasionsprozesse reduziert wurde. Mit steigendem Lebensalter wird darüber hinaus zunehmend Zement an der Wurzeloberfläche von apikal her ansteigend abgelagert, ein Vorgang welcher vor allem funktionell getriggert wird und zu einer Verminderung der apikalen Ramifikationen führt (Ketterl 1983, Zuhrt 1991). Das Pulpavolumen nimmt im Laufe

des Lebens durch Ablagerung von Sekundärdentin und amorphem Dentin kontinuierlich ab. Histologisch unterscheidet sich eine jugendliche Pulpa grundlegend von der Pulpa eines älteren Menschen. Rückbildungsprozesse (regressive Methamorphosen) beginnen unverzüglich nach dem Zahndurchbruch. Es ändern sich die Zahl, die Art, die Eigenschaften und Fähigkeiten der Zellen. Die Vitalität der Pulpa wird hierdurch jedoch nicht beeinflusst. Die Blutzirkulation der Pulpa wird durch eine nach coronal ansteigende Ablagerung von Sekundärdentin beeinträchtigt (Burke und Samarawickrama 1995). Der Zahnhalteapparat ist gleichfalls kontinuierlichen Umbauvorgängen unterworfen, welche vor allem durch physiologische Okklusions- und Mesialbewegungen beeinflusst werden (Ketterl 1983). Die Breite des Parodontalspalts wird im Laufe des Lebens insbesondere durch funktionelle Einflüsse geringer (Coolidge 1937). Die Anzahl der odontontalen Zellen und ihre mitotische Aktivität verringern sich (Ketterl 1983). Die Bildungsrate von neuem Kollagen wird geringer (Rataitschak 1978). Der Anteil elastischer Fasern im Desmodont steigt mit dem Lebensalter an (Haim und Baumgärtel 1968). Die Vaskularisation des Desmodonts nimmt ähnlich wie in der Zahnpulpa mit steigendem Lebensalter ab (Ketterl 1983).

Zurückgehend auf Gustafson (1950) haben die beschriebenen altersabhängigen Vorgänge in unterschiedlicher Art und Weise Eingang in die odontologische Altersschätzungsmethodik gefunden. Da die vorliegende Studie durch Beobachtungen in der Altersschätzungsroutine Lebender initiiert worden ist, können nach eingehender Darstellung des Forschungsstandes hinsichtlich der entwicklungsbiologischen Merkmale Mineralisation und Eruption und ihren Limitierungen bezüglich der in der relevanten Altersgruppe einzig in Entwicklung befindlichen Weisheitszähne lediglich ausgewählte altersabhängige Veränderungen diskutiert werden.

Nach Beendigung der Zahnentwicklung stellt die Methode von Kvaal et al. (1995) für mittlere bis höhere Lebensalter eine bewährte und nach Kenntnis des Autors bislang einzige röntgenologische Schätzmethode dar. Die betreffenden Zähne werden radiologisch vermessen, bestimmte Teilstrecken ermittelt und ins Verhältnis gesetzt (maximale Zahnlänge, Wurzellänge an der mesialen Fläche, maximale Pulpalänge, Wurzel- und Pulpabreite an der Schmelz-Zementgrenze =A, Wurzel- und Pulpabreite in der Mitte zwischen Apex und Schmelz-Zementgrenze =C, Wurzel- und Pulpabreite auf halber Strecke zwischen A und C). Hinsichtlich der Anwendung der Methode bei

Jugendlichen und jungen Erwachsenen erreicht diese jedoch ihre Grenzen und wird kontrovers diskutiert. Eine tendenzielle Überschätzung oder Unterschätzung des Lebensalters ist die Folge (Paewinsky et al. 2005, Meinel et al. 2007)). Darüber hinaus scheint die Anwendung der Kvaal- Methode bei digitalen Orthopantomogrammen nicht unproblematisch zu sein (Landa et al. 2009).

Es besteht Konsens darüber in der der Literatur, dass sich der apikale Verschluss der Weisheitszähne im Alter zwischen 20 und 23 Jahren vollzieht (Kahl und Schwarze 1988, Mincer et al. 1993, Olze et al. 2003, Knell et al. 2009). Die Wahrscheinlichkeit, voll ausgebildete Weisheitszahnwurzeln in einem Alter unter 18 Jahren vorzufinden ist sehr gering, prinzipiell konnte dies bislang jedoch nicht ausgeschlossen werden (Mincer et al. 1993, Gunst et al. 2003, Knell et al. 2009).

Die radiologische Untersuchung der Hand erbringt bis zu einem Lebensalter von 19 Jahren gute Ergebnisse, wenngleich auch hier ein Alter von unter 18 Jahren nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Die Minima für eine abgeschlossenes Ossifikation der Handwurzelknochen betragen für Männer 16,7 und für Frauen 17,1 Jahre (Schmelting et al. 2006). Die einzige Möglichkeit des Ausschlusses eines unter 18 Jahren liegenden Lebensalters besteht bislang in der radiologischen Untersuchung der Ossifikation der Clavikulaepiphysenfuge (Schmelting et al. 2004, Schulz et al. 2008, Kellinghaus et al. 2009). Viele Radiologen beherrschen diese Methode jedoch nicht, weshalb Sie nur in wenigen Ländern angewendet wird.

Die in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Methoden können nach Auffassung des Autors eine Abgrenzung der Vollendung des 18. Lebensjahres mit Hilfe von zahnärztlichen Untersuchungsmethoden erstmalig ermöglichen.

Merkmal Sichtbarkeit Parodontalspalt. Die Minima für das Stadium P0 liegen für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 17,6 und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 17,2 Jahren.

Die Minima für das Stadium P1 liegen für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 22,3-22,4 und und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 21,6-21,9 Jahren.

Die Minima für das Stadium P2 liegen für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 22,3-22,7 und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 23,4-24,7 Jahren.

Die Minima für das Stadium P3 liegen für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 25,4-26,2 und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 24,6-25,2 Jahren.

Bei Vorliegen des Stadiums P0 ist demnach eine Abgrenzung des 18. Lebensjahrs nicht möglich.

Bei Vorliegen der Stadien P1-P3 ist eine sichere Abgrenzung des 18. Lebensjahrs möglich. Insbesondere das Erreichen der Stadien P2 und P3 ermöglicht mit hoher Wahrscheinlichkeit die Abgrenzung des 21. Lebensjahrs.

Merkmal Sichtbarkeit Wurzelkanäle. Die Minima für das Stadium W0 liegen für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 17,6 und und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 17,2 Jahren. Bei Vorliegen des Stadiums 1 ist demnach eine Abgrenzung des 18. und 21. Lebensjahrs möglich.

Die Minima für das Stadium W1 liegen für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 21,0-22,4 und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 21,6-21,9 Jahren. Bei Vorliegen des Stadiums 1 ist demnach eine Abgrenzung des 18. und 21. Lebensjahrs möglich.

Die Minima für das Stadium W2 liegt für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 22,3-22,7 und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 23,4-24,7 Jahren. Bei Vorliegen des Stadiums 1 ist demnach eine Abgrenzung des 18. und 21. Lebensjahrs möglich.

Die Minima für das Stadium W3 liegt für die Zähne 38 und 48 bezüglich der männlichen Probanden im Bereich von 25,2-25,9 und hinsichtlich der weiblichen Probanden im Bereich von 25,1-25,2 Jahren. Bei Vorliegen des Stadiums 1 ist demnach eine Abgrenzung des 18. und 21. Lebensjahrs möglich.

Bei Vorliegen des Stadiums W0 ist demnach eine Abgrenzung des 18. Lebensjahrs nicht möglich.

Bei Vorliegen der Stadien W1-W3 ist bezüglich der weiblichen Probanden eine sichere Abgrenzung des 18. Lebensjahrs möglich. Für die männlichen Probanden gilt dies für die Stadien W2 und W3. Insbesondere das Erreichen der Stadien W2 und W3 ermöglicht für beide Geschlechter mit hoher Wahrscheinlichkeit die Abgrenzung des 21. Lebensjahrs.

Insgesamt ist nach Auffassung des Autors Zurückhaltung hinsichtlich der möglichen Abgrenzung des 21. Lebensjahres geboten. Die Abgrenzung der Vollendung des 18.

Lebensjahrs gelingt mit beiden Methoden bei Erreichung der entsprechenden Stadien jedoch mit der nötigen statistischen Sicherheit.

In die vorliegende Studie waren Orthopantomogramme von 15-40jährigen Probanden eingeschlossen. Wären beispielsweise bis zu 50jährige Probanden eingeschlossen worden, so hätte dies wohl zu einer Erhöhung der Medianwerte in den späteren Stadien, nicht jedoch zu einer Anhebung der Minima geführt. Jede Altersgruppe bestand aus Aufnahmen von je 20 weiblichen und männlichen Probanden. Eine Erhöhung der Fallzahl hatte vermutlich eine Erhöhung der Aussagesicherheit begünstigt. Da jedoch prospektive röntgenologische Studien nach Maßgabe der Röntgenschutzverordnung nicht durchführbar sind, war der Autor auf retrospektiv zur Verfügung stehende Aufnahmen angewiesen.

Die in der vorliegenden Studie präsentierten Daten besitzen Neuheitswert. Entsprechende Vergleichsdaten sind nach Kenntnis des Autors nicht zu erlangen. Nach Auffassung des Autors wurden erstmalig altersabhängige Veränderungen, welche nach Beendigung der Zahnmineralisation in dieser Form ausschließlich an den unteren Weisheitszähnen visuell sichtbar und auswertbar auftreten hinsichtlich ihrer Relevanz für die odontologische Altersschätzungsroutine untersucht. Über die Ursachen der dargestellten Effekte können daher auch nur Vermutungen angestellt werden. Die zunehmende Unsichtbarkeit der Wurzelkanäle bzw. des Parodontalspalts der untersuchten dritten Molaren ist nach Auffassung des Autors als vorrangig optisches Phänomen zu klassifizieren. Der Autor ist der Überzeugung, dass sich die Wurzelkanäle bzw. der Parodontalspalt mit zunehmendem Lebensalter nicht wirklich völlig schließen. Vielmehr kommt es einerseits zu einer lebenslangen Anlagerung von Sekundärdentin im Bereich von Kronen- und Wurzelpulpa, welche mit einer Einengung des Lumens einhergeht und andererseits zu einer ebenfalls lebenslangen Anlagerung von Wurzelzement, welche den hier ursprünglich im Parodontalspalt vorhandenen Raum ebenfalls zunehmend einengt (Solheim 1992). Die im Strahlengang befindlichen knöchernen Strukturen scheinen ausschließlich in der Region der dritten Molaren die dargestellten Phänomene erst zu erzeugen. Im Oberkiefer führt die Überlagerung mit dem Jochbogen bezogen auf die untersuchten dritten Molaren in überproportional vielen Fällen zu einer Nichtauswertbarkeit. Im Unterkiefer hingegen scheint die in der Linea obliqua mandibularis befindliche Knochenmasse die dargestellten Effekte zu erzeugen.

Die Einteilung und Definition von Stadien für die beobachteten Phänomene gelang nicht frei von Schwierigkeiten. Der Autor ist der Auffassung, dass die vorgenommene Stadieneinteilung am anschaulichsten die altersabhängigen Vorgänge beschreibt.

8. Zusammenfassung

In Rahmen der forensich-odontologischen Altersschätzungsroutine war die Abgrenzung des Erreichens des 18. Lebensjahrs mit den zur Verfügung stehenden entwicklungsbiologischen Hauptkriterien Weisheitszahnmineralisation und -eruption bislang nicht möglich. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt galt insbesondere der Abschluss der Wurzelmineralisation als Endstadium der Weisheitszahnentwicklung. Gleichzeitig wurde in der Routine offensichtlich, dass auch nach Abschluss der Wurzelbildung Veränderungen an den Wurzeln der dritten Molaren im Sinne eines fortschreitenden Unsichtbarwerdens der Wurzelkanäle und des Parodontalspalts stattfanden.

In der vorliegenden retrospektiven Studie sollte untersucht werden, inwieweit die beobachteten Phänomene klassifizierbar sind, und wenn ja, ob einzelne Stadien in Weiterentwicklung bewährter Stadieneinteilungen unterteilbar sind, bestimmten Lebensaltern zugeordnet werden können und ob eine für die Altersschätzungsroutine wichtige, sichere Abgrenzung des Erreichens des 18. Lebensjahrs unter Berücksichtigung der beobachteten Phänomene gelingt.

Zur Untersuchung kamen 1198 konventionell erstellte Orthopantogramme von 629 weiblichen und 569 männlichen Deutschen im Alter von 15-40 Jahren welche im Zeitraum von 1987 bis 2008 erstellt worden waren.

Hinsichtlich der untersuchten Merkmale *Sichtbarkeit Wurzelkanäle* und *Sichtbarkeit Parodontalspalt* wurde je eine Stadieneinteilung entwickelt, welche aus jeweils vier Stadien bestand. Es wurden statistische Maßzahlen sowie Minima und Maxima ermittelt. Wegen Überlagerungseffekten mit im Strahlengang liegenden anatomischen Strukturen war eine Beurteilung der oberen dritten Molaren nicht möglich. Für beide Geschlechter stiegen die Minima und Mediane mit steigendem Stadium an.

Bei Vorliegen des jeweiligen Anfangsstadiums (P0 bzw. W0) ist eine sichere Abgrenzung der Erreichung des 18. Lebensjahres nicht möglich. Das Erreichen der Stadien P1-P3 bzw. W2-W3 ermöglicht hingegen eben diese Abgrenzung.

Die mitgeteilten Daten besitzen nach Kenntnis des Autors Neuheitswert. Ihr Eingang in die Altersschätzungsroutine kann zur Diversifizierung des eingesetzten Methodenspektrums beitragen und die Aussagesicherheit der forensischen Altersdiagnose insbesondere hinsichtlich der odontologischen Abgrenzung der forensisch bedeutsamen Altersgrenze von 18 Jahren erhöhen.

9. Literaturverzeichnis

1. Adler P, Adler-Hradecky C (1962) Eruption times of the upper and lower third molars. *Acta Genet Stat Med* 12: 366-74
2. Ajmani ML, Jain SP, Joshi SD (1986) Age and wisdom teeth in Nigeria. *Anthropol Anz* 44: 143-148
3. Amrhein H (1967) Stomatologische Morbiditätsuntersuchungen an einer Standardbevölkerung des Kreises Ludwigslust. *Med Diss Greifswald*
4. Archer WH (1955) *Die Chirurgie des Mundes und der Zähne*. Medica, Stuttgart
5. Artun J, Behbehani F, Thalib L (2006) Prediction of maxillary third molar impaction in adolescent orthodontic patients. *Angle Orthod* 75: 904-911
6. Ay S, Agar U, Bicakci AA, Kosger HH (2006) Changes in mandibular third angle and position after unilateral mandibular first molar extraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 129: 36-41
7. Bayerisches Zahnärzteblatt, BZB, Heft 11/97, S. 32, 34, Fortbildung.
8. Bergström J, Preber H (1994) Tobacco use as a risk factor. *J Periodontol* 65: 545-550
9. Bergström J (2004) Tobacco smoking and chronic destructive periodontal disease. *Odontology*.
10. Berkowitz BKB, Bass TP (1976) Eruption rates of human upper third molars. *J Dent Res* 55: 460-464
11. Bolaños MV, Moussa H, Manrique MC, Bolaños MJ (2003) Radiographic evaluation of third molar development in Spanish children and young people. *Forensic Sci Int.* 5;133(3):212-9
12. Braga J Heuzé Y, Chabadel O, Bley D (2005). The impact of socioeconomic status in the estimation of non-adult dental age. *Orthod Fr.* 76(4):309-16
13. Breik O, Grubor D (2008) The incidence of mandibular third molar impactions in different skeletal face types. *Aust Dent J* 22:255-263
14. Brochut PF, Cimasoni G (1997) Smoking and the periodontium (I). History and clinical aspects. A review of the literature *Schweiz Monatsschr Zahnmed.:*107(8):672-86
15. Brochut PF, Cimasoni G (1997) Smoking and the periodontium (II). Pathogenetic mechanisms and therapeutic difficulties. A review of the literature. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.:* 107(9):771-86.

16. Brown KA (1986) Forensic aspects of community dentistry. *Ann Acad Med Singapore* 15: 414-417
17. Brunnemann KD, Hoffmann D (1981) Assessment of the carcinogenic N-nitrosodiethanolamine in tobacco products and tobacco smoke. *Carcinogenesis* 2: 1123-1127
18. Burke FM, Samarawickrama DYD (1995) Progressive changes in the pulp-dentinal complex and their clinical consequences. *Gerodontology* 12:57-66
19. Burris BG, Harris EF (1998) Identification of race and sex from palate dimensions. *J Forensic Sci* 43: 959-963
20. Burris BG, Harris EF (2000) Maxillary Arch Size and Shape in American Blacks and Whites. *Angle Orthod* 70: 297-302
21. Byers SN, Churchill SE, Curran B (1997) Identification of Euro-Americans, Afro-Americans, and Ameridians from palatal dimensions. *J Forensic Sci* 42: 3-9
22. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M (2006) Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *Int J Legal Med* 120: 49–52
23. Cameriere R, Cunha E, Sassaroli E, Nuzzolese E, Ferrante L (2009) Age estimation by pulp/tooth area ratio in canines: Study of a Portuguese sample to test Cameriere's method *Forensic Science International* 193 128.e1–128.e6
24. Cate A. R. Ten (1998) *Oral Histology: Development, Structure and Function*. 5. Auflage.
25. Chagula WK (1960) The age at eruption of third permanent molars in male East Africans. *Am J Phys Anthropol* 18: 77-82
26. Chen LL, Xu TM, Jiang JH, Zhang XZ, Lin JX (2010) Longitudinal changes in mandibular arch posterior space in adolescents with normal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 137(2):187-93
27. Coolidge ED (1937) The thickness of the human periodontal membrane. *J Am Dent Assoc* 24:1260
28. Crossner CG, Unell LA (1996) Longitudinal study of dental health in a group of Swedish teenagers/young adults from the age of 14 to 25. *Swed. Dent J* 20: 189-197
29. Daito M, Tanaka M, Hieda T (1992) Clinical observations on the development of third molars. *J Osak Dent Univ* 26: 91-104

30. De la Rosa Gay C, Valmaseda-Castellon E, Gay-Escoda C (2006) Spontaneous third molar eruption after second molar extraction in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 129: 337-344
31. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM (1973) A New System of Dental Age Assessment. *Hum Biol* 45: 221-227
32. Demirjian A (1986) Dentition. In: Falkner F, Tanner JM, eds. *Human growth*. New York: Academic Press: 269-298
33. Drosos V (2005) Vergleichende röntgenologische und morphologische Befunderhebung an Weisheitszähnen als Kriterium für die forensische Altersbestimmung bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Wie präzise ist die Panoramaschichtaufnahme? Diss Hamburg
34. Fanning EA (1962) Third molar emergence in Bostonians. *Am J Phys Anthropol* 20: 339-346
35. Fleiss JL (1981) *Statistical Methods for Rates and Proportions*. J Wiley, New York
36. Flores-De-Jacobi L (1987) Parodontologie. In: Schwenzer N (Hrsg) *Zahn-Mund-Kieferheilkunde (Band 5)* Georg Thieme, Stuttgart New York: 232-349
37. Friedrich RE, Ulbricht C, von Maydell, LA (2003a) Altersbestimmung in Abhängigkeit von der Anzahl kariöser oder konservierend versorgter Zähne. *Quintessenz* 54: 863-874
38. Friedrich RE, Ulbricht C, von Maydell, LA (2003b) Karies und Füllungen an Weisheitszähnen als forensisch-odontologisches Hilfsmittel der Bestimmung eines chronologischen Alters über 18 Jahren. *Radiologische Untersuchungen an Panoramaschichtaufnahmen von Kindern und Jugendlichen*. *Arch Kriminol* 212: 74-82
39. Garn SM, Koski K, Lewis AB (1957) Problems in determining the tooth eruption sequence in fossil and modern man. *Am J Phys Anthropol* 15: 313-31
40. Garn SM, Lewis AB, Blizzard (1960) The relationship between tooth formation and other maturation factors
41. Geserick G, Reisinger W, Schmeling A, Olze A (2002) Forensische Altersdiagnostik. In: Söseman B (Hrsg.) *Jahrbuch 2001 der Berliner Wissenschaftlichen Gesellschaft*. Berlin: Berlin Verlag, Arno Spitz GmbH: 95-105

42. Gleiser I, Hunt EE (1955) The permanent mandibular first molar; its calcification, eruption and decay. *Am J Phys Anthropol* 13: 253-284
43. Glöckner E (1971) Untersuchungen über den DMF-Index und die erforderlichen Therapiemaßnahmen in 13 Landkreisen der DDR - ein Beitrag zur allgemeinen stomatologischen Teilmorbidität. Diss Greifswald
44. Gorgani N, Sullivan RE, DuBois L (1990) A radiographic investigation of third-molar development. *J Dent Child* 57: 106-110
45. Gravely JF (1965) A radiographic survey of third molar development. *Brit Dent J* 119: 397-401
46. Greulich WW, Pyle SI (1959) Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Second Edition. Stanford Univ Press, California
47. Gustafson G, Koch G (1974) Age estimation up to 16 years of age based on dental development. *Odontol Rev* 25: 297-306
48. Haavikko K (1970) The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. *Suom Hammaslaak Toim* 66: 103-170
49. Haavikko K, Mattila K (1970) The correspondence between the orthopantomographic and the clinical appearance of an erupting permanent tooth replacing a deciduous tooth. *Suom Hammaslaak Toim* 66: 190-195
50. Hägg U, Matsson L (1985) Dental maturity as an indicator of chronological age: The accuracy and precision of three methods. *Eur J Orthod* 7: 25-34
51. Haim G, Baumgartel R (1968) Altersveränderungen im Periodont (Desmodont). *Deutsch Zahnärztl Z* 23:340
52. Harris EF, McKee JH. (1990) Tooth mineralisation standards for Blacks and Whites from the Middle Southern United States. *J Forensic Sci* 35: 859-872
53. Harris MJP, Nortje CJ (1984) The mesial root of the third mandibular molar. A possible indicator of age. *J Forensic Odontostomatol* 2: 39-43
54. Hassanali J (1985) The third permanent molar eruption in Kenyan Africans and Asiens. *Ann Hum Biol* 12: 517-523
55. Hennig T (1989) Überprüfung der Möglichkeit der Altersbestimmung an Einzelzähnen mittels Wurzelentintransparenz bei einer Population aus dem 10. bis 12. Jahrhundert. Diss Berlin
56. <http://agfad.uni-muenster.de/german/empfehlungen.htm>

57. Johanson G (1971) Age determination from human teeth. V. Methods based on structural changes in fully developed and erupted teeth. *Odontol Revy* 22:40-126
58. Kaatsch HJ (2001) Juristische Aspekte der Altersschätzung. In: Oehmichen M Geserick G: (Hrsg.): *Osteologische Identifikation und Altersschätzung*. Schmidt- Römheld (Lübeck): 243-254
59. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Schmelting A. (2010) Forensic age estimation in living subjects based on the ossification status of the medial clavicular epiphysis as revealed by thin-slice multidetector computed tomography. *Int J Legal Med.* 124(2):149-54
60. Ketterl W (1983) Age- induced changes in the teeth and their attachment apparatus. *Int Dent J* 33:262-71
61. Kim TW, Artun J, Behbehani F, Artese F (2003) Prevalence of third molar impaction in orthodontic patients treated non extraction and with extraction of 4 premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 123:138-145
62. Kimura K (1984) Studies on growth and development in Japan Yearb Phys Anthropol 27:179-214
63. Klein H, Palmer CE, Knutson JW (1938) Studies in dental caries. *Publ Health* 53: 751-757
64. Knell B, Ruhstaller P, Prieels F, Schmelting (2009) A Dental age diagnostics by means of radiographical evaluation of the growth stages of lower wisdom teeth. *Int J Legal Med.* 123(6):465-9
65. Knell B, Markwalder T (2009) The role of the dentist in modern forensic age determination. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.*;119(2):168, 170
66. Köhler S, Schmelzle R, Loitz C, Püschel K (1994) Die Entwicklung des Weisheitszahnes als Kriterium der Lebensalterbestimmung. *Ann Anat* 176: 339-345
67. Kreitner KF, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M (1998) Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *Eur Radiol* 8: 1116-1122
68. Krumholt L, Roed-Petersen B, Pindborg JJ (1971) Eruption times of the permanent teeth in 622 Ugandan children. *Arch Oral Biol* 16: 1281-1288
69. Kullman L, Johanson G, Akesson L (1992) Root development of the lower third molar and its relation to chronological age. *Swed Dent J* 16: 161-167

70. Kvaal SI, Kollveit KM, Thomsen IO, Solheim T (1995) Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int* 74:175-185
71. Landa MI, Garmendi PM, Botella MC, Alemán I (2009) Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms. *Int. J Legal Med* 123:123-128
72. Lang NP, Attström R, Loe H (1998) *Proceedings of the European Workshop on Mechanical Plaque Control*. Quintessenz, Chicago
73. Levesque GY, Demirijian A, Tanguay R (1981) Sexual dimorphism in the development, emergence, and agenesis of the mandibular third molar. *J Dent Res* 60: 1735-41
74. Liebrecht S (2002) Stop smoking. *J Prophylaxe Impuls* 2: 73-75
75. Llarena del Rosario ME, Nuno González MM (1990) Stages of formation and calcification of the third molar *Rev ADM*47(3):112-8
76. Marshall WA, Tanner JM (1970) Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Arch Dis Child* 45: 13-23
77. Meini A, Tangl S, Pernicka E, Fenes C, Watzek G (2007) On the applicability of secondary dentin formation to radiological age estimation in young adults. *J Forensic Sci* 52:438-41
78. Merte K (Hrsg) (1992) *Parodontologie für die Praxis*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig Berlin Heidelberg
79. Mincer HH, Harris EF, Berryman HE (1993) The A.B.F.O. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. *J Forensic Sci* 38: 379-390
80. Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt, EE (1963) Age Variation of Formation Stages for Ten Permanent Teeth, *J. dent. Res.*, 42:1490-1502,
81. Mörnstad H, Reventlid M, Teivens A (1995) The validity of four methods for age determination by teeth in Swedish children. *Swed Dent J* 19: 121-130
82. Mühler M, Schulz R, Schmidt S, Schmelting A, Reisinger W (2006) The influence of slice thickness on assessment of clavicle ossification in forensic age diagnostics. *Int J Legal Med*. 120(1):15-7
83. Müller HR (1983) *Eine Studie über die Inkonstanz des dritten Molaren (Fehlen, Anlage, Durchbruch)*. Diss Dresden

84. Nitzan DW, Michaeli Y, Weinreb M, Azaz B (1986) The effect of aging on tooth morphology: A study on impacted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Path* 61:54-60
85. Nolla CM. (1960). The development of the permanent teeth. *J Dent Child*, 27(4): 254-266.
86. Odusanya SA, Abayomi IO (1991) Third molar eruption among rural Nigerians. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 71: 151-154
87. Olasoji HO, Odusanya SA (2000) *Odonto-stomatologie tropicale*, Tropical dental journal.
88. Olze A, Schmeling A, Rieger K, Kalb G, Geserick G (2003a) Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Weisheitszahnmineralisation bei einer deutschen Population. *Rechtsmedizin* 13: 5-10
89. Olze A, Taniguchi M, Schmeling A, Zhu BL, Yamada Y, Maeda H, Geserick G (2003b) Comparative study on the chronology of third molar mineralization in a Japanese and a German population. *Legal Medicine* 5: 256-260
90. Olze A, Mahlow A, Schmidt S, Geserick G, Schmeling A (2004a) Radiologisch bestimmte Varianten des DMF-Index zur forensischen Altersschätzung bei jungen Erwachsenen. *Archiv für Kriminologie* 214: 103-111
91. Olze A, Mahlow A, Schmidt S, Geserick G, Schmeling A (2004b) Der parodontale Knochenabbau als Kriterium der forensischen Altersdiagnostik bei jungen Erwachsenen. *Rechtsmedizin* 14: 448-453
92. Olze A, Mahlow A, Schmidt S, Wernecke KD, Geserick G, Schmeling A (2004c) Combined determination of selected roentgeno-morphologic variables relevant for dental age estimation of young adults. *Homo* 56:133-140
93. Olze A, Schmeling A, Taniguchi M, Maeda H, van Niekerk P, Wernecke KD, Geserick G (2004d) Forensic age estimation in living subjects: the ethnic factor in wisdom tooth mineralization. *Int J of Legal Medicine* 118: 170-173
94. Olze A, Taniguchi M, Schmeling A, Zhu BL, Yamada Y, Maeda H, Geserick G (2004e) Studies on the chronology of third molar mineralization in a Japanese population. *Legal Medicine* 6: 73-79
95. Olze A, van Niekerk P, Schmidt S, Wernecke KD, FW Rösing, Geserick G, Schmeling A (2006) Studies on the progress of third molar mineralization in a Black African population. *Homo* 57:209-17.

96. Olze A, Bilanz D, Schmidt SA, Wernecke KD, Geserick G, Schmeling A (2005) Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *Int J of Legal Medicine* 119: 22-26.
97. Olze A, van Niekerk P, Schulz R, Schmeling A. (2007), Studies of the chronological course of wisdom tooth eruption in a Black African population. *J Forensic Sci*; 52:1161-3
98. Olze A, Solheim T, Schulz R, Kupfer M, Schmeling A (2010) Evaluation of the radiographic visibility of the root pulp in the lower third molars for the purpose of forensic age estimation in living individuals. *Int J Legal Med.* 124(3):183-6
99. Olze A, Solheim T, Schulz R, Kupfer M, Schmeling A (2010) Assessment of the radiographic visibility of the periodontal ligament in the lower third molars for the purpose of forensic age estimation in living individuals. eingereicht
100. Orton-Gibbs S, Crow V, Orton HS (2001) Eruption of third permanent molars after the extraction of second permanent molars. Part 1: Assessment of third molar position and size. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119: 226-238
101. Otuyemi OD, Ugboko VI, Ndukwe KC, Adekoya-Sofowora CA (1997) Eruption times of third molars in young rural Nigerians. *Int Dent J* 47: 266-270
102. Paewinsky E, Pfeiffer H, Brinkmann B (2005) Quantification of secondary dentine formation from orthopantomograms-a contribution to forensic age estimation methods in adults. *Int J Legal Med.* Jan;119(1):27-30
103. Pöyry M, Nyström M, Ranta R (1986) Comparison of two tooth formation rating methods. *Proc Finn Dent Soc* 82: 127-133
104. Prieto JL, Barbeira E, Ortega R, Magana C (2005) Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int J Legal Med* 119:349-354
105. Rantanen AV (1967) The age of eruption of the third molar teeth. *Acta Odontol Scand* 25 Suppl: 1-86
106. Rateitschak KH, Renggli HH, Mohlemann H (1978) *Parodontologie*. 2nd Edition, Thieme, Stuttgart
107. Rateitschak H, Rateitschak EM, Wolf HF (Hrsg.) (2004) *Parodontologie*. Georg Thieme, Stuttgart New York
108. Reventlid M, Mörnstad H, Teivens AA (1996) Intra- and inter-examiner variation in four dental methods for age estimation of children. *Swed Dent J* 20: 133-139

109. Reichart PA (2000) Oral mucosal lesions in a representative cross-sectional study of aging Germans. *Community Dent Oral Epidemiol*
110. Richardson ME (1973) Development of the lower third molar from 10 to 15 years. *Angle Orthod* 43(2):191-3.
111. Richardson M (1975) The development of third molar impaction. *Br J Orthod* 2(4):231-4
112. Richardson M (1978) Pre-eruptive movements of the mandibular third molar *Angle Orthod* 48(3):187-93
113. Salvi GE, Lawrence HP, Offenbacher S, Beck JD (1997) Influence of risk factors on the pathogenesis of periodontitis. *Periodontol* 2000 14: 173-201
114. Sandhu S, Kaur T. (2008) Radiographic study of the positional changes and eruption of impacted third molars in young adults of an Asian Indian population. *J Oral Maxillofac Surg.*
115. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G (2001) Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *Lancet* 358(9276):89-90
116. Schmeling A, Kaatsch H-J, Marré B, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, Rösing FW, Rötzscher K, Geserick G (2001a) Empfehlungen für die Altersdiagnostik bei Lebenden im Strafverfahren. *Rechtsmedizin* 11: 1-3
117. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G (2001b) Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *Lancet* 358: 89-90
118. Schmeling A, Geserick G, Kaatsch HJ, Marré B, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, Rösing FW, Rötzscher K. (2001c) Recommendations for age determinants of living probands in criminal procedures. *Anthropol Anz.* 87-91
119. Schmeling, A (2004) Forensische Altersdiagnostik bei Lebenden im Strafverfahren
120. Schulz R, Mühler M, Mutze S, Schmidt S, Reisinger W, Schmeling A (2005) Studies on the time frame for ossification of the medial epiphysis of the clavicle as revealed by CT scans. *Int J Legal Med.* 119(3):142-5.
121. Sheiham A, Hobdell MH (1969) Decayed, missing and filled teeth in British adult populations. *Br Dent J* 126: 401-404
122. Shourie KL (1946) Eruption Age of Teeth in India. *Indian. Journal of Medical Research*
123. Siegel S (1956) *Nonparametric Statistics for the Behaviour Sciences* McGraw-Hill Book Comp., New York

124. Sillman, J.H. (1964) Dimensional Changes of the Dental Arches: Longitudinal Study from Birth to 25 Years. *Amer J Orthodont* 50:824-42
125. Tanaka M, Arai K, Tsurumi A, Takao T, Kim HM, Ishida Y, Kawazoe T (2006). Comparison of shortened dental arches with complete dental arches by clinical examinations. *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi*
126. Tanner JM (1962) *Wachstum und Reifung des Menschen*. Thieme Stuttgart
127. Thiemann HH, Nitz I (1986, 1991) *Röntgenatlas der normalen Hand im Kindesalter*. Thieme Leipzig Stuttgart New York
128. Tsai HH (2005) Factors associated with mandibular third molar eruption and impaction. *J Clin Pediatr Dent Winter* 30(2):109-13
129. Tschechne S, Müller B, Dibbets J (2008) Sagittal space relations in the maxilla during molar eruption. *J Orofac Orthop*
130. Uzamiş M, Kansu O, Taner TU, Alpar R (2000) Radiographic evaluation of third-molar development in a group of Turkish children. *ASDC J Dent Child* 67(2):136-41, 83
131. Venta I, Murtomaa H, Turtola L, Meurman J, Ylipaavalniemi P (1991) Assessing of eruption of lower third molars on the basis of radiographic features. *Br J Oral Maxillofac Surg* 29: 259-262
132. Venta I, Turtola L, Ylipaavalniemi P (1999) Change in Clinical Status of Third Molars in Adults During 12 Years of Observation. *J Oral Maxillofac Surg* 57: 386-389
133. Venta I, Ylipaavalniemi P, Turtola L (2004) Clinical Outcome of Third Molars in Adults Followed During 18 Years. *J Oral Maxillofac Surg* 62: 182-185
134. Willershausen B, Ernst C-P, Pistorius A, Brandenbusch M (2003) In-Getränke und ihre Folgen am Zahnschmelz. *Zahnärztl Mitt* 12: 38-44
135. Willershausen B, Löffler N, Schulze R (2001) Analysis of 1202 orthopantograms to evaluate the potential of forensic age determination based on third molar developmental stages. *Eur J Med Res* 6: 377-384
136. Wolf H, Haunfelder D (1960) *Zahnärztliche Mundchirurgie für Studierende der Zahnheilkunde*. Berlinische Verlagsanstalt, Berlin, Vol. 5: 59-67
137. Zuhrt R (1991) Biologische Aspekte der Endodontie im höheren Erwachsenenalter. *Dtsch Stomatol* 41: 4-10

10. Eidesstattliche Erklärung

„Ich, Michael Alexander Kupfer, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Untersuchungen zur radiologischen Sichtbarkeit der Wurzelpulpa und des Parodontalspalts unterer dritter Molaren“, selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift

11. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

12. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mir die Vollendung meiner Promotion ermöglicht haben.

Herrn Privatdozent Dr. Andreas Olze mein ganz besonderer Dank. Ohne dessen ständige kreative Unterstützung wäre ich nicht auf den Gedanken gekommen, was das wissenschaftliche Arbeiten für eine persönliche Bereicherung darstellen kann. Der persönliche Gedankenaustausch und die zielgerichtete wissenschaftliche Aufgabenstellung durch Herrn Privatdozent Dr. Andreas Olze hat die Fertigstellung der Promotion maßgeblich beeinflusst. Weiterhin möchte ich mich bei ihm für die Bereitstellung der Röntgenbilder bedanken.

Besonders bedanken möchte ich mich bei den Ärzten und Wissenschaftlern des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Münster. Herrn Privatdozent Dr. Andreas Schmeling gilt mein besonderer Dank für den nicht selbstverständlichen Einsatz von Zeit und Mühe, die Arbeit durch sein Hintergrundwissen stetig zu bereichern. Herrn Dr. Ronald Schulz gilt mein Dank für die Unterstützung bei der Bewältigung statistischer Herausforderungen.

Bedanken möchte ich mich darüber hinaus bei Herrn Dr. Sebastian Peters und Frau Dr. Maud Fuhrmann für die Unterstützung hinsichtlich des Layouts und Korrekturlesens.

Ohne die ausdauernde Unterstützung meiner Frau Inge Kupfer wäre die Umsetzung der Promotion kaum möglich gewesen. Besonders bei Ihr möchte ich mich von ganzem Herzen bedanken.