

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

DISSERTATION

**Untersuchungen zur Eignung ausgewählter lebensalterassoziierter
Merkmale hinsichtlich der forensischen Altersdiagnostik am
Orthopantomogramm**

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Julia Hertel

aus Berlin

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

Datum der Promotion: 24.02.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Aufgabenstellung	10
3	Forensische Altersdiagnostik bei Lebenden – Methoden und Rechtsgrundlagen	11
3.1	Körperliche Untersuchung	11
3.2	Radiologische Untersuchung	12
3.3	Forensisch-odontologische Untersuchung	16
3.4	Rechtsgrundlagen	17
4	Lebensalterassoziierte Veränderungen am Zahn und Zahnhalteapparat und ihre Relevanz für die Altersdiagnostik	19
4.1	Grundsätzliches	19
4.2	Methode nach Gustafson	20
4.3	Methode nach Matsikidis (1981)	24
4.4	Methode nach Kvaal et. al. (1995)	27
5	Material und Methode	28
6	Ergebnisse	32
6.1	Sekundärdentinbildung	32
6.2	Rückgang der Parodontalgewebe	35
6.3	Abrasion	39
6.4	Zementapposition	43
7	Diskussion	48
7.1	Stand der Literatur zur Weisheitszahnmineralisation und -eruption	48
7.1.1	Weisheitszahnmineralisation	48
7.1.2	Weisheitszahneruption	62
7.2	Diskussion der eigenen Forschungsergebnisse	72
7.3	Zur Möglichkeit zur Abgrenzung des 18. Lebensjahres	79
8	Zusammenfassung	83
9	Literaturverzeichnis	85
10	Eidesstattliche Erklärung	96
11	Lebenslauf	97
12	Danksagung	98

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Radiologische Untersuchung, ausgereiftes Handskelett	14
Abbildung 2	Stadieneinteilung der Ossifikation der Schlüsselbein- Brustbein-Gelenke nach Schmeling (2004)	15
Abbildung 3	Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1947), handschriftliche Strichzeichnung aus der ersten Publikation des Autors in schwedischer Sprache	21
Abbildung 4	Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1950) nachgezeichnet von Matsikidis (1981)	21
Abbildung 5	Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1950)	22
Abbildung 6	Regressionsgerade nach Gustafson (1950)	22
Abbildung 7	Zahngruppenbezogene Stadieneinteilung für das Merkmal Rückgang der Parodontalgewebe nach Matsikidis (1981)	26
Abbildung 8	Zahngruppenbezogene modifizierte Stadieneinteilung für das Merkmal Abrasion nach Matsikidis (1981)	27
Abbildung 9	Typisches Orthopantomogramm	29
Abbildung 10	Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades der Sekundärdentinbildung	30
Abbildung 11	Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades des Rückgangs der Parodontalgewebe	30
Abbildung 12	Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades der Abrasion	31
Abbildung 13	Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades der Zementapposition	31
Abbildung 14	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34	32
Abbildung 15	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35	33
Abbildung 16	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44	34
Abbildung 17	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45	35

Abbildung 18	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34	36
Abbildung 19	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35	37
Abbildung 20	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44	38
Abbildung 21	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45	39
Abbildung 22	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34	40
Abbildung 23	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35	41
Abbildung 24	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44	42
Abbildung 25	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45	43
Abbildung 26	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Zementaposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34	44
Abbildung 27	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Zementaposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35	45
Abbildung 28	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Zementaposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44	46
Abbildung 29	Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Zementaposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Ausschlusskriterien nach Matsikidis (1981)	25
Tabelle 2	Fallzahlen	28
Tabelle 3	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 34, weiblich	33
Tabelle 4	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 34, männlich	33
Tabelle 5	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 35, weiblich	33
Tabelle 6	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 35, männlich	34
Tabelle 7	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 44, weiblich	34
Tabelle 8	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 44, männlich	34
Tabelle 9	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 45, weiblich	35
Tabelle 10	Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 45, männlich	35
Tabelle 11	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 34, weiblich	36
Tabelle 12	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 34, männlich	36
Tabelle 13	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 35, weiblich	37
Tabelle 14	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 35, männlich	37
Tabelle 15	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 44, weiblich	38
Tabelle 16	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 44, männlich	38
Tabelle 17	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 45, weiblich	39
Tabelle 18	Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 45, männlich	39
Tabelle 19	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 34, weiblich	40

Tabelle 20	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 34, männlich	40
Tabelle 21	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 35, weiblich	41
Tabelle 22	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 35, männlich	41
Tabelle 23	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 44, weiblich	42
Tabelle 24	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 44, männlich	42
Tabelle 25	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 45, weiblich	43
Tabelle 26	Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 45, männlich	43
Tabelle 27	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 34, weiblich	44
Tabelle 28	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 34, männlich	44
Tabelle 29	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 35, weiblich	45
Tabelle 30	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 35, männlich	45
Tabelle 31	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 44, weiblich	46
Tabelle 32	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 44, männlich	46
Tabelle 33	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 45, weiblich	47
Tabelle 34	Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 44, männlich	47
Tabelle 35	Alter bei Erreichen der Stadien D-H der Weisheitszähne nach Demirjian et al. (1973) in verschiedenen Populationen	59-61
Tabelle 36	Mittleres Durchbruchsalter der dritten Molaren bei vollständiger und unvollständiger Dentition, getrennt nach Geschlecht und Kiefer (Adler et al. 1962)	62

1 Einleitung

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).

In größeren Ballungsräumen, wie zum Beispiel in Berlin, hat die von jugendlichen Migranten verursachte Kriminalität eine spürbare Brisanz erreicht. In der Gesellschaft besteht Dissens über Möglichkeiten des Umgangs mit diesem Problem. Ihre Thesen zur Parallelgesellschaft in Berlin-Neukölln machten Richterin Kirsten Heisig zur umstrittensten Richterin der Republik. Vor ihrem Freitod hatte sie ihr Buch "Das Ende der Geduld" fertig gestellt (Heisig 2010). Heisig hatte überwiegend mit jugendlichen Intensivtätern aus Migrantenfamilien zu tun. Ihre Erfahrungen verarbeitete die Richterin im so genannten Neuköllner Modell. Es sieht unter anderem vor, jugendliche Straftäter so schnell wie möglich zu verurteilen. Zusammen mit ihren Aussagen über ein paralleles Gesellschafts- und Rechtssystem löste die Richterin eine heftig geführte gesellschaftliche Debatte aus.

In Berlin hat das Thema Kriminalität jugendlicher Migranten in der Zwischenzeit zunehmende Relevanz erreicht. Im Oktober 2010 wurde unter Federführung der Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung eine interministerielle Arbeitsgruppe gegründet, in welcher die genannte Senatsverwaltung sowie die Senatsverwaltungen für Justiz und Gesundheit Standards zum Umgang mit dieser Problematik erarbeiten.

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 Abgrenzung des 18. Lebensjahres ist aus zahnärztlicher Sicht unter Berücksichtigung aktueller Forschungsergebnisse in bestimmten Fällen möglich geworden (Olze et al. 2010a, Olze et al. 2010b). Eine weitere Diversifizierung und Erweiterung des zur Verfügung stehenden forensisch-odontologischen Methodenspektrums ist jedoch wünschenswert.

2 Aufgabenstellung

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Klärung der Fragestellung leisten, ob über die Einbeziehung der Beurteilung lebensalterassoziierter Merkmale, wie der Sekundärdentinanlagerung im Pulpencavum, der Verschiebung der Parodontalgewebe, der Abrasion, sowie der Zementapposition am Orthopantomogramm eine Abgrenzung der Erreichung des 18. Lebensjahres 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).

3.1 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.

3.2 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 Knochenelemente 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 bzw. 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 vereinbart, für radiologische Untersuchungen die linke Hand zu nutzen.

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 zurückzuführende Einzelknochenmethode, bei welcher für den ausgewählten Knochen der jeweilige Reifegrad bzw. 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 18-jährigen 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.



Abbildung 1: Radiologische Untersuchung, ausgereiftes Handskelett

Zum zeitlichen Verlauf der Ossifikation der medialen Claviculaepiphysenfugen 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 radiologische Untersuchungen mittels konventioneller Technik oder Computertomographie unterteilen 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.

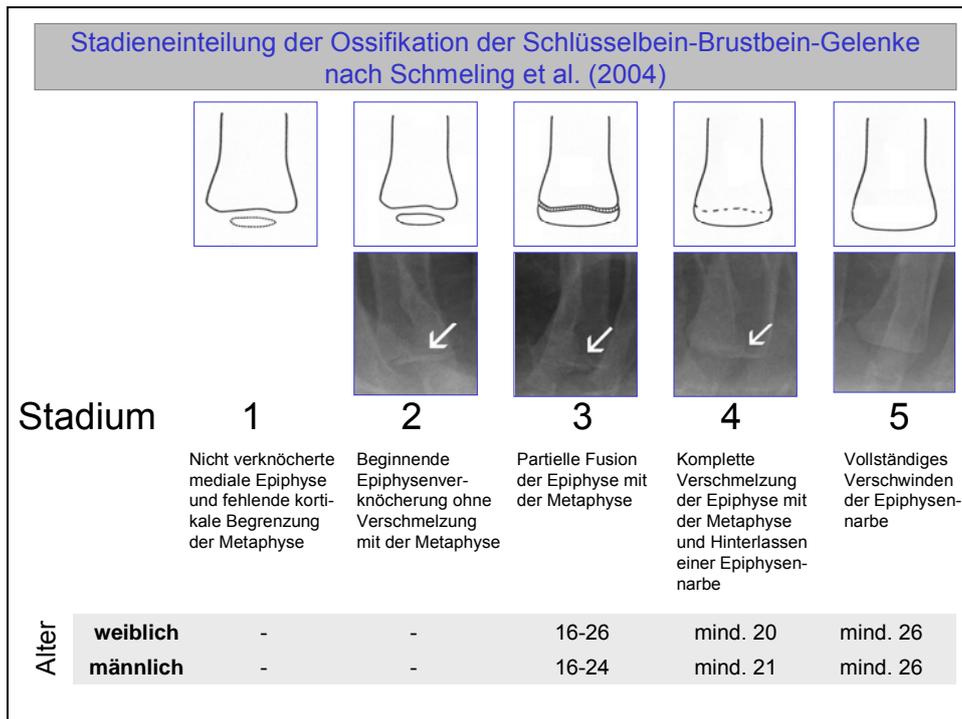


Abbildung 2: Stadieneinteilung der Ossifikation der Schlüsselbein-Brustbein-Gelenke nach Schmeling (2004)

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 Epiphysenarbe 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 des 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 Irrtumswahrscheinlichkeit 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 TW2-Methode von den Autoren als für die Altersschätzungspraxis ungeeignet klassifiziert und die Anwendung der TW3-Methode empfohlen.

3.3 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 Zahnes 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 Kauenebene 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. Neuere Studien belegen, dass die dritten Molaren über den Abschluss ihres Wurzelwachstums hinaus lebensalterassozierten Reifungsprozessen unterliegen (Olze et. al. 2010a, 2010b).

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. 2007b). Nach Auffassung der Autorin der vorliegenden Arbeit besteht in der Literatur Konsens über die Notwendigkeit der Verwendung populationsspezifischer Standards in der Altersschätzungspraxis.

3.4 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. Lebensjahres 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- bzw. 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 bzw. 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-, Pflegschafts- oder Ergänzungspflegschafts- 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 Lebensalterassoziierte Veränderungen am Zahn und Zahnhalteapparat und ihre Relevanz für die Altersdiagnostik

4.1 Grundsätzliches

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 bestimmter 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). 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 ähnliche Vorgänge. 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 desmodontalen Zellen und ihre mitotische Aktivität verringern sich (Ketterl 1983). Die Bildungsrate von neuem Kollagen wird geringer (Rataitschak 2004). 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).

4.2 Die Methode nach Gustafson (1950)

Nach Gustafson 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 (Abbildungen 3, 4 und 5). Bislang weitgehend unbekannt ist, dass die Erstpublikation dieser ersten wissenschaftlichen odontologischen Altersschätzungsmethode bereits 1947 in schwedischer Sprache erfolgte (Gustafson 1947). Weitergehende Verbreitung fand die Gustafson-Methode zunächst mit der englischsprachigen (Gustafson 1950) und später deutschsprachigen Publikation (1955).

Gustafson untersuchte insgesamt 40 Zähne, die Altersbestimmung erfolgte durch kombinierte Beurteilung der dargestellten Parameter. Die fortschreitende Veränderung der Parameter wurde an Dünnschliffen von Zähnen unter dem Mikroskop untersucht und beurteilt.

Je nach Ausbildung der Merkmale wurde ein entsprechender Scorewert vergeben. Die Werte ergaben eine Punktwolke, es wurde eine Regressionsgerade berechnet

mit Hilfe derer eine Altersbestimmung im konkreten Altersschätzungsfall möglich wurde (Abb. 6)

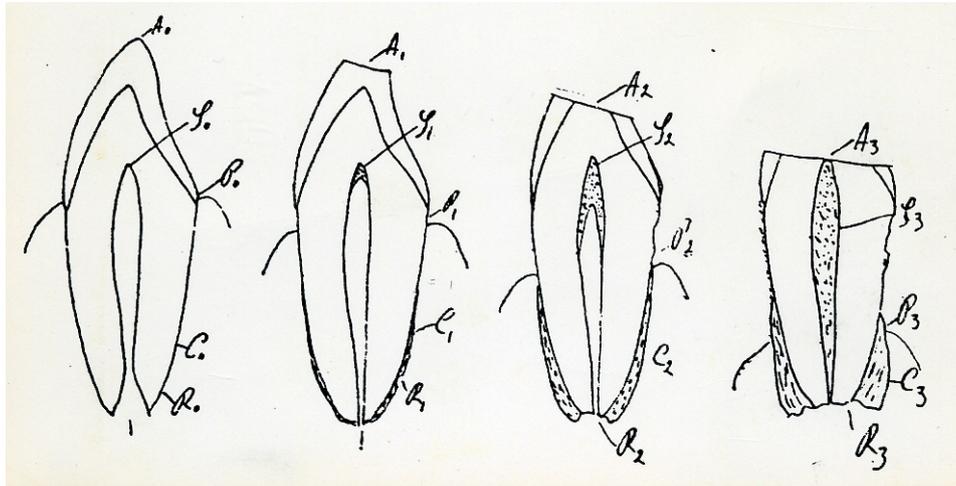


Abbildung 3: Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1947), handschriftliche Strichzeichnung aus der ersten Publikation des Autors in schwedischer Sprache

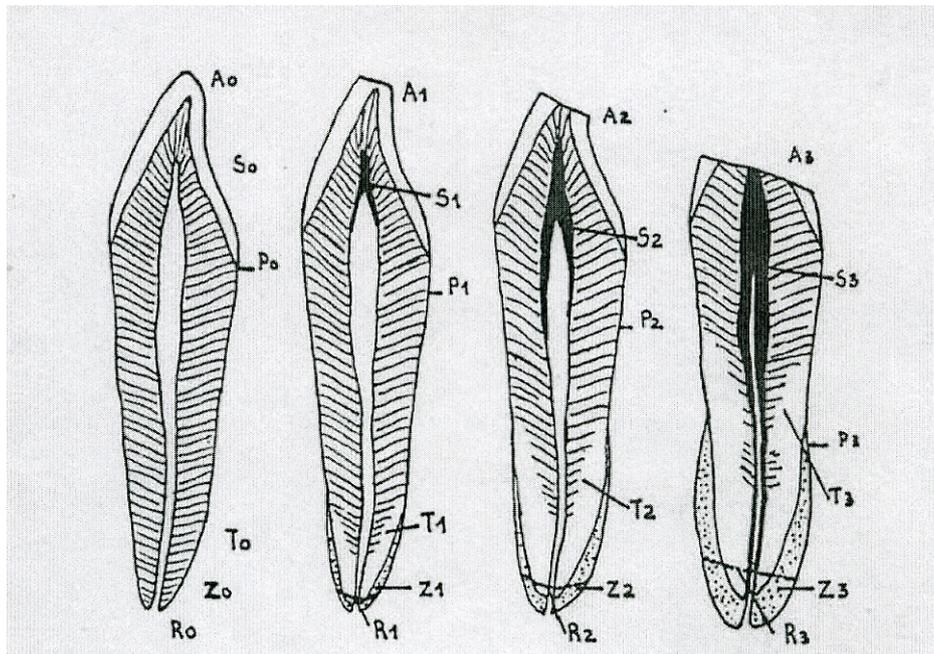


Abbildung 4: Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1950), nachgezeichnet von Matsikidis (1981)

Gustafsons Formel zur Altersschätzung lautete: $AGE = 11,43 + 4,56X$ ($X = \text{sum of scores, } r=0,98$).

Gustafson ist, wie dargestellt, die Einführung der ersten wissenschaftlichen Methode zur zahnärztlichen Altersbestimmung, zuzuordnen. Gleichwohl sah sich der Autor in der Folge breiterer Kritik ausgesetzt. Letztlich sei die Bestimmung der Scores das

Ergebnis einer subjektiven Einschätzung (Saunders 1965, Bang und Ramm 1970). Gustafson war sich dessen durchaus bewusst und hatte zuvor jedem Experten die Berechnung einer eigenen Formel empfohlen (Gustafson 1950).



Abbildung 5: Lebensalterabhängige Zahnveränderungen nach Gustafson (1950)

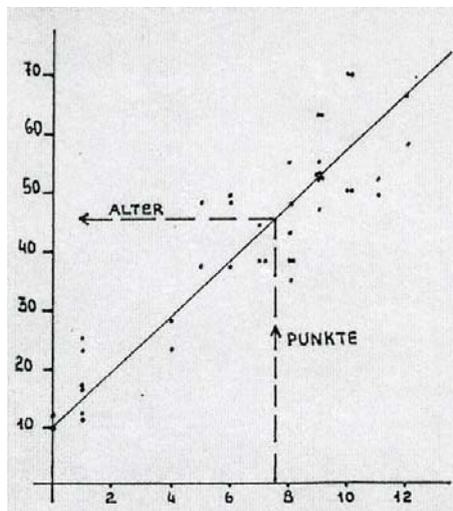


Abbildung 6: Regressionsgerade nach Gustafson (1950)

Ferner wurde von einer Anzahl von Autoren die insgesamt sehr kleine Stichprobe Gustafsons kritisiert. Zudem hätten mehrere Zähne von ein und demselben Individuum gestammt, was zweifellos dazu geführt haben kann, dass die Standardabweichung unverhältnismäßig gering ausfiel. Gustafson entwickelte eine Berechnungsformel, die für sämtliche Zähne Gültigkeit haben sollte. Nach Auffassung von Dahlitz (1962), Maples (1978) und Solheim (1988) sollte jedoch in

Betracht gezogen werden, dass je nach Zahngruppe unterschiedliche Berechnungsformeln benötigt werden könnten. Die von Gustafson entwickelte Formel wurde später von Maples und Rice (1979) als angeblich falsch klassifiziert und in $AGE = 13,45 + 4,26 (r=0,91)$ geändert. Dahlitz (1962) war der Auffassung, dass Gustafson nicht ausreichend in Betracht gezogen hatte, dass die unterschiedlichen lebensalterassoziierten Parameter in unterschiedlich starkem Maße das Schätzergebnis beeinflussen können. Dahlitz verwendete daraufhin die multiple Regressionsanalyse zur Berechnung der Formel. Johanson (1971), Burns und Maples (1976) und Maples (1979) schlossen sich später dieser Vorgehensweise an. Die Autoren hielten eine Signifikanztestung der Einzelparameter hinsichtlich ihres Einflusses auf das Gesamtschätzergebnis für unerlässlich und forderten den Ausschluss nicht signifikant das Schätzergebnis beeinflussender Parameter, da sich bei Einschluss dieser die Genauigkeit der Schätzformel verschlechtern würde. Dahlitz (1962) fand beispielsweise, dass die Einbeziehung der Parameter Wurzelresorption und Zementapposition die Standardabweichung der Methode verschlechterte.

Bang und Ramm (1970) konnten feststellen, dass über die Bestimmung des Ausmaßes der Wurzelidentintransparenz allein am extrahierten Zahn eine verlässliche Altersschätzung möglich ist.

1993 legte schließlich Solheim seine Habilitationsschrift mit dem Titel "Dental age related regressive changes and a new method for calculating the age of an individual" vor, in welcher er noch einmal die Ergebnisse seiner vorangegangenen Publikationen zusammen gefasst hat (Solheim 1988a, 1988b, 1989, 1990, 1992a, 1992b, 1993a, 1993b). Solheim begann seine Untersuchungen während eines Studienaufenthalts an der University of Washington Dental School in Seattle von 1982-83. Solheim sammelte mit der Unterstützung von niedergelassenen Zahnärzten aus der Umgebung mehrere tausend extrahierte Zähne von Patienten. Alter, Geschlecht und Ethnie der jeweiligen Patienten waren bekannt, ebenso die Gründe für die jeweilige Extraktion. Im Grunde verfolgte Solheim die Absicht, eine größere Anzahl von Zähnen hinsichtlich lebensalterassoziierten Parameter zu untersuchen und auf dem Wege einer multiplen Regressionsanalyse für solche Parameter Berechnungsformeln zur Altersschätzung zu entwickeln, welche einen signifikanten Einfluss auf das Schätzergebnis haben. Die offensichtlichen Schwächen der Original-

Methode nach Gustafson (Größe des Untersuchungsguts, statistische Methoden) sollten somit vermieden und eine neue, exaktere Schätzmethode etabliert werden.

4.3 Die Methode nach Matsikidis (1981)

Nachdem Gustafson (1950) die beschriebenen altersabhängigen Phänomene an Zahnschliffen untersucht hatte, überprüfte Matsikidis (1981) inwieweit die Gustafson-Merkmale Abrasion, Sekundärdentinanlagerung, Parodontalgewebeverschiebung Wurzelzementapposition- und resorption an Zahnfilmen nachweisbar sind. Der Autor begutachtete zur eigenen Kalibrierung im Rahmen von Vorversuchen 40 vollständige Röntgenstaten von Personen mit bekannten Geburtsdaten, erarbeitete einen Untersuchungsbogen, welcher alle Zahngruppen umfasste und für das jeweilige Merkmal ein Punktesystem vorsah. Die ermittelten Punktwerte wurden anschließend je Zahn addiert und der Mittelwert aus allen bewerteten Parametern errechnet. Diese Mittelwerte wurden wiederum addiert, somit ergab sich eine Gesamtpunktzahl je Gebiss. Entsprechend wurden Regressionsgeraden berechnet. Das entsprechende Lebensalter des Probanden konnte nunmehr mit Hilfe der Regressionsgeraden durch Ablesen oder durch Anwendung der Berechnungsformel $GA = 6,48 P + 11,11$ errechnet werden (GA = geschätztes Alter; P = Gesamtpunktzahl = Summe aller Mittelwerte der Punktwerte der untersuchten Merkmale).

Für die Beurteilung der einzelnen Zähne wurden je nach zu beurteilendem Merkmal definierte Ausschlusskriterien festgelegt. Tabelle 1 veranschaulicht diese. Der Definition der Einschlusskriterien lag die Annahme zugrunde, dass bestimmte Erkrankungen oder Vorschädigungen des betreffenden Zahnes den Grad der Ausprägung des jeweiligen Zahnes beeinflussen können. In jedem Fall wurde anhand aller zur Verfügung stehenden Zahngruppen das jeweilige Lebensalter geschätzt und mit dem tatsächlichen chronologischen Lebensalter verglichen. Die mittlere Abweichung zwischen Schätzalter und chronologischem Lebensalter betrug im Rahmen der Vorversuche 5,5 Jahre. Abbildung 7 zeigt beispielhaft die je vier verschiedenen Stadien der untersuchten Merkmale.

Tabelle 1: Ausschlusskriterien nach Matsikidis (1981)

	+	-	C	F	K	St	WF	H	W	V	WSR
AB		X			X				X	X	
SE		X	X	X	X	X	X		X		X
PA		X			X				X	X	
ZE		X				X	X	X			X

Mit „+“ wurde ein gesunder Zahn bezeichnet, mit „-“ ein fehlender. Weiterhin bedeutete K = überkronter Zahn oder Brückenpfeiler, F = Füllung, Teilkrone oder Inlay, St = Stift-Stumpf-Aufbau, C = kariöse Läsion, WF = Wurzelfüllung, H = beherdeter Zahn, V =verlagerter Zahn, W = Wurzelrest, WSR = Wurzelspitzenresektion, Zy = Zyste, M = Milchzahn. Ein nicht abschätzbarer Parameter oder ein solcher, der nicht bewertet werden durfte, wurde mit X gekennzeichnet. Mit AB, SE, PA, ZE und ZU wurde jeweils die Abrasion, die Sekundärdentinanlagerung, die Parodontalgewebeverschiebung, die Zementapposition und der Zustand des Zahnes bezeichnet. Im Ergebnis der Vorversuche stellte der Autor fest, dass die Wurzelresorption im Unterschied zu den anderen untersuchten Merkmalen offensichtlich keine Korrelation zum Lebensalter aufwies. Darüber hinaus entschloss sich der Autor, die Stadieneinteilungen für den Anwendungsteil der Studie zu modifizieren und nunmehr je 7 Stadien zu verwenden, welche sich aufsteigend um je einen halben Punkt unterschieden. Abbildung 8 zeigt diese neuen Stadieneinteilungen.

Im Rahmen des Anwendungsteils der Studie wurden weitere 60 Röntgenstaten von Personen mit bekannten Geburtsdaten untersucht. Die zuvor durchlaufene Kalibrierung, die Verfeinerung der Stadieneinteilungen und das Außerachtlassen der Wurzelresorption führten zu einer Abweichung zwischen Schätzalter und chronologischem Alter von durchschnittlich 3,5 Jahren. Im Einzelfall konnte diese jedoch auch bis zu 9,5 Jahre betragen. Die insgesamt größten Abweichungen ergaben sich bei der Beurteilung der oberen Molaren, weshalb der Autor im Ergebnis die Empfehlung ausgesprochen hat, diese Zahngruppe im konkreten Fall nicht oder nur dann in die Altersschätzung einzubeziehen, wenn keine anderen Zahngruppen zur Verfügung ständen.

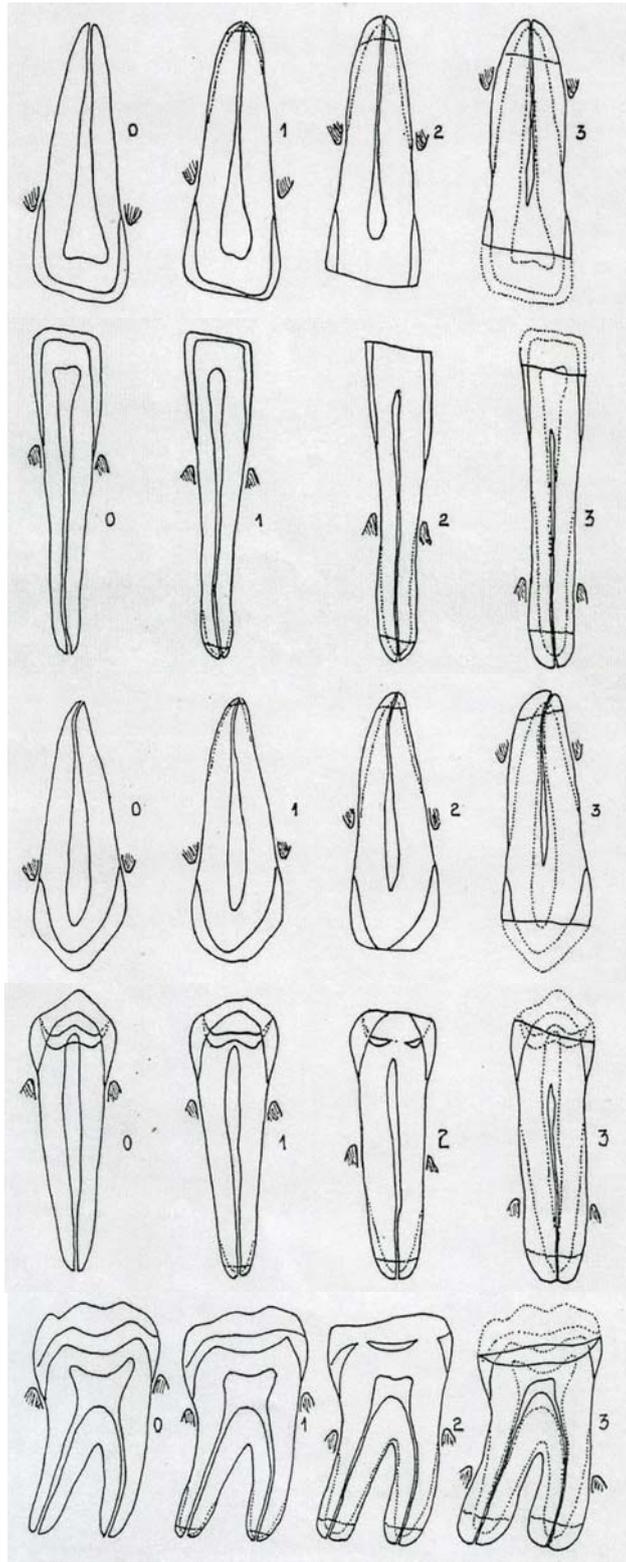


Abbildung 7: Zahngruppenbezogene Stadieneinteilungen nach Matsikidis (1981)

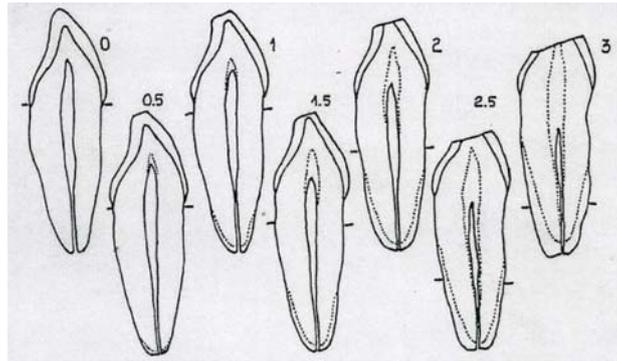


Abbildung 8: Zahngruppenbezogene modifizierte Stadieneinteilungen nach Matsikidis (1981)

4.4 Methode nach Kvaal et. al. (1995)

Nach Beendigung der Zahnentwicklung stellt die Methode von Kvaal et al. (1995) für mittlere bis höhere Lebensalter eine bewährte und nach Kenntnis der Autorin die über die Methode nach Matsikidis (1981) hinaus 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).

5 Material und Methode

Zur Untersuchung kamen 1299 konventionell erstellte Orthopantomogramme von 650 weiblichen und 649 männlichen Deutschen im Alter von 15-40 Jahren, welche im Zeitraum von 1987 bis 2008 erstellt worden waren.

Tabelle 2 zeigt die Altersverteilung und Fallzahlen der Stichprobe, Abbildung 9 ein typisches Orthopantomogramm.

Tabelle 2: Fallzahlen

Alter	männlich	weiblich	Gesamt
15	25	25	50
16	25	25	50
17	25	25	50
18	24	25	49
19	25	25	50
20	25	25	50
21	25	25	50
22	25	25	50
23	25	25	50
24	25	25	50
25	25	25	50
26	25	25	50
27	25	25	50
28	25	25	50
29	25	25	50
30	25	25	50
31	25	25	50
32	25	25	50
33	25	25	50
34	25	25	50
35	25	25	50
36	25	25	50
37	25	25	50
38	25	25	50
39	25	25	50
40	25	25	50
Gesamt	649	650	1299

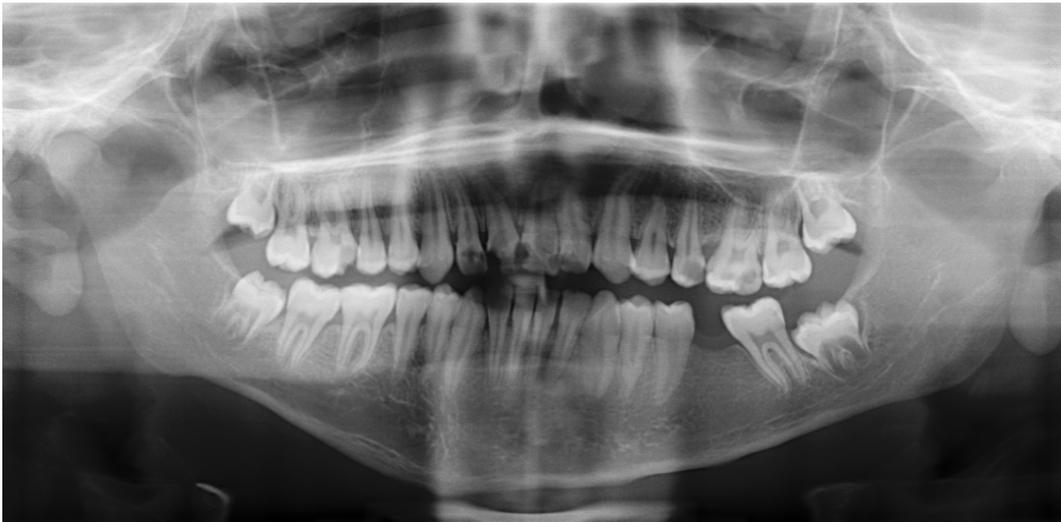
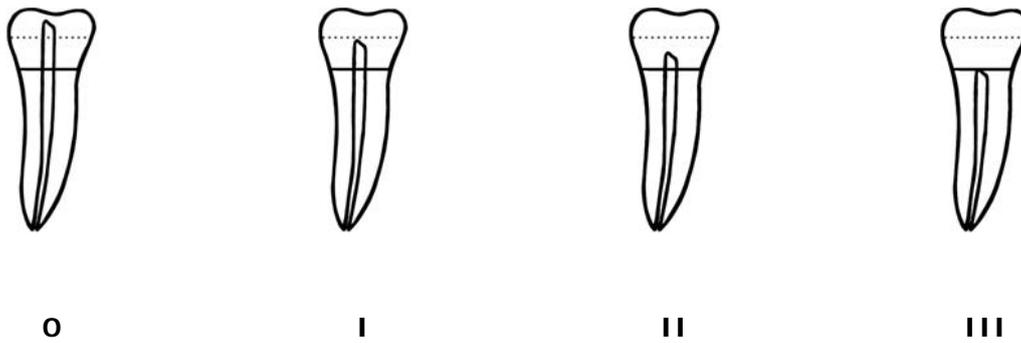


Abbildung 9: Typisches Orthopantomogramm

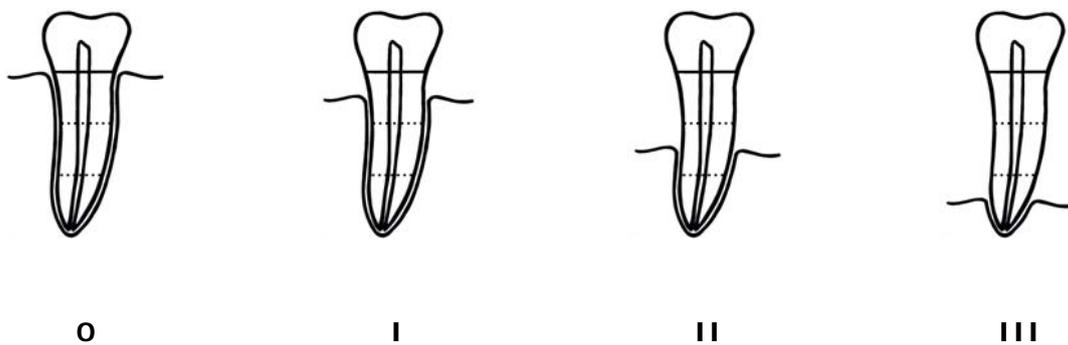
Zunächst wurden im Rahmen einer Pilotstudie an 100 zufällig ausgewählten Orthopantomogrammen jeweils die auswertbaren unteren Prämolaren hinsichtlich der Merkmale Sekundärdentinbildung, Zementapposition und -resorption, Rückgang der Parodontalgewebe und Abrasion beurteilt. Die jeweiligen Ausschlusskriterien ergaben sich aus den von Matsikidis (1981) formulierten Empfehlungen (vgl. Kapitel 4.3). Die Auswahl der unteren Prämolaren erfolgte in der Annahme, dass diese am Orthopantomogramm überlagerungsfrei und somit am besten auswertbar dargestellt werden. Nachfolgend wurden diese 100 Orthopantomogramme von einem erfahrenen Untersucher begutachtet und die Ergebnisse mit den Ergebnissen der Autorin abgeglichen und diskutiert. Im Ergebnis wurde festgestellt, dass die Beurteilung der Ausprägung der Zementresorption am Orthopantomogramm nicht mit hinreichender Sicherheit möglich war. Im Hauptteil der vorliegenden Untersuchung wurde daher auf die Beurteilung dieses Merkmals verzichtet. Es zeigte sich darüber hinaus, dass die von Matsikidis für die Altersschätzung am Einzelröntgenbild erarbeiteten Stadieneinteilungen für die übrigen beurteilten Merkmale einer Modifikation bedurften. Die Abbildungen 10 bis 13 zeigen die im Rahmen der vorliegenden Studie entwickelten Stadieneinteilungen.

Nach durchgeführter Kalibrierung erfolgte die Bestimmung der Merkmale Sekundärdentinbildung, Rückgang der Parodontalgewebe, Zementapposition und Abrasion randomisiert und geblindet, d.h. ohne Kenntnis der Geburts- oder Aufnahmedaten. Erfasst wurden Identifizierungsnummer, Geschlecht und Geburtsdatum des jeweiligen Probanden.



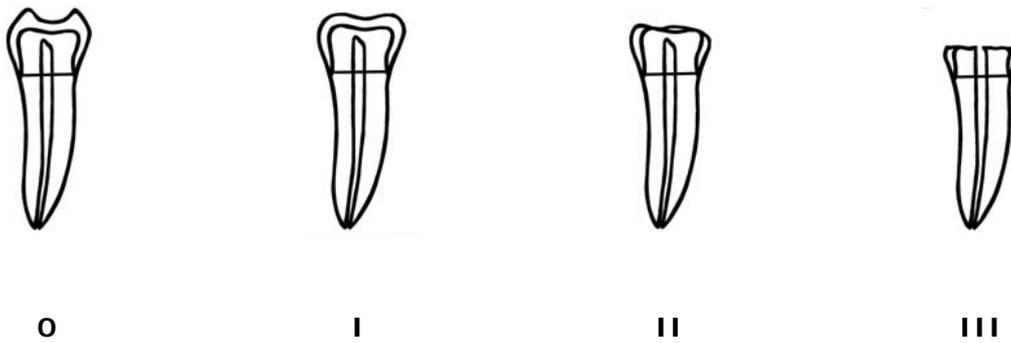
- Stadium 0: Pulpenhorn reicht bis oberhalb des Kronenäquators
- Stadium 1: Pulpenhorn reicht bis maximal zum Kronenäquator
- Stadium 3: Pulpenhorn überschreitet Schmelz-Zement-Grenze und unterschreitet Kronenäquator
- Stadium 4: Pulpenhorn reicht bis maximal zur Schmelz-Zement-Grenze

Abbildung 10: Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades der Sekundärdentinbildung



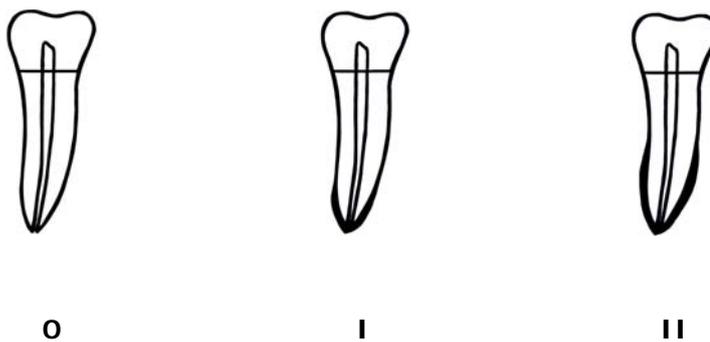
- Stadium 0: kein Rückgang der Parodontalgewebe
- Stadium 1: Rückgang Parodontalgewebe bis ins zervikale Wurzeldrittel
- Stadium 2: Rückgang Parodontalgewebe bis ins mittlere Wurzeldrittel
- Stadium 3: Rückgang Parodontalgewebe bis ins apikale Wurzeldrittel

Abbildung 11: Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades des Rückgangs der Parodontalgewebe



- Stadium 0: keine Abrasion, Höckerspitzen vorhanden
- Stadium 1: beginnende Abrasion mit Verlust der Höckerspitzen
- Stadium 2: Abrasion bis ins Dentin
- Stadium 3: Abrasion bis ins Dentin mit Eröffnung des Pulpencavums

Abbildung 12: Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades der Abrasion



- Stadium 0: keine sichtbare Zementapposition
- Stadium 1: beginnende apikale Zementapposition
- Stadium 2: deutlich sichtbare Zementapposition

Abbildung 13: Stadieneinteilung zur Bestimmung des Grades der Zementapposition

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm PASW 18.0 für Windows durchgeführt.

6 Ergebnisse

Die Abbildungen 14 bis 29 zeigen den grafischen Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium der Merkmale Sekundärdentinbildung, Rückgang der Parodontalgewebe, Abrasion und Zementaposition. Blaue Boxplots beschreiben das weibliche, grüne das männliche Geschlecht. Die Tabellen 3 bis 34 zeigen die ermittelten statistischen Maßzahlen für die untersuchten Merkmale getrennt nach Geschlecht. Gemäß der Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit sind insbesondere die statistischen Maßzahlen, und hier besonders die Minima, für die höheren Stadien von Relevanz.

Die festgestellten Geschlechtsunterschiede waren nicht signifikant.

6.1 Sekundärdentinbildung

Die Mittelwerte und Minima steigen mit zunehmendem Stadium an. Stadium 2 wird je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 19,6 bis 33,1 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 20,6 bis 26,4 Jahren erreicht. Bedingt durch die Altersstruktur der Stichprobe wurde in keinem Fall ein Stadium 3 festgestellt.

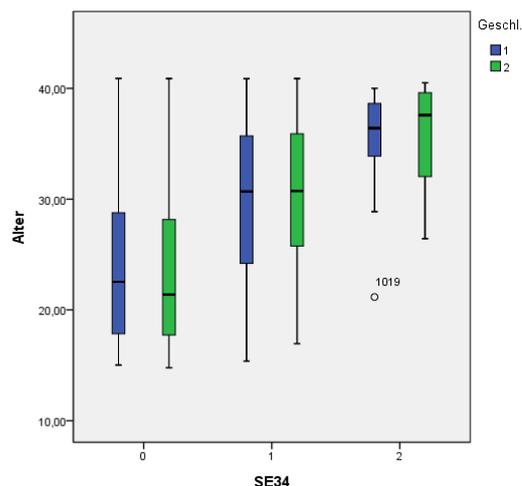


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34

Tabelle 3: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 34, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	229	15,02	40,90	23,96	7,13
1	196	15,38	40,88	30,02	6,58
2	10	21,16	40,01	34,81	5,79
3	-	-	-	-	-

Tabelle 4: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 34, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	247	14,78	40,89	23,36	6,62
1	193	16,96	40,89	30,77	6,16
2	20	26,43	40,51	35,55	4,52
3	-	-	-	-	-

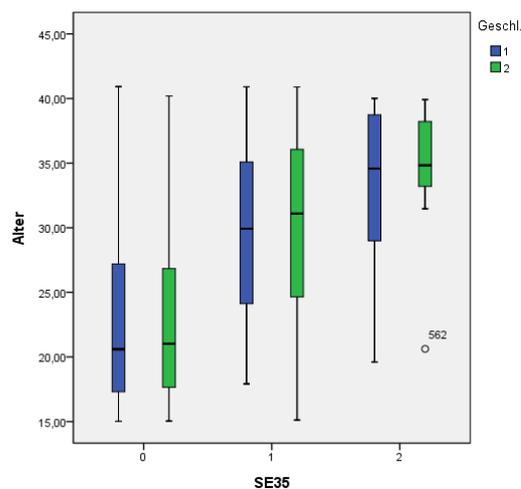


Abbildung 15: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35

Tabelle 5. Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 35, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	184	15,02	40,92	22,87	6,83
1	135	17,92	40,90	29,70	6,44
2	10	19,61	40,01	33,32	6,43
3	-	-	-	-	-

Tabelle 6: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 35, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	199	15,04	40,19	22,94	6,16
1	163	15,12	40,89	30,48	6,64
2	19	20,62	39,91	35,02	4,47
3	-	-	-	-	-

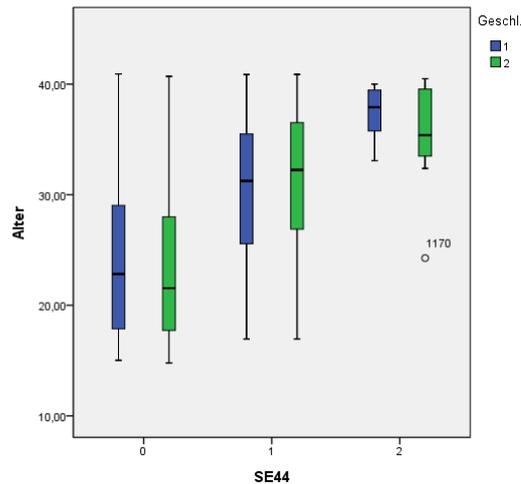


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44

Tabelle 7: Statistische Maßzahlen, Sekundärdentinbildung, Zahn 44, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	252	15,02	40,92	24,10	6,96
1	144	16,96	40,88	30,47	6,33
2	6	33,08	40,01	37,36	2,66
3	-	-	-	-	-

Tabelle 8: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 44, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	235	14,78	40,71	23,39	6,75
1	174	16,96	40,89	31,36	6,20
2	12	24,27	40,49	35,58	4,60
3	-	-	-	-	-

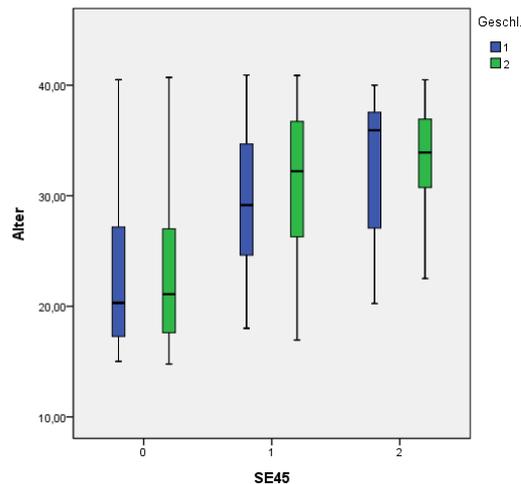


Abbildung 17: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Sekundärdentinbildung, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45

Tabelle 9: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn 45, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	175	15,02	40,50	22,55	6,68
1	119	18,01	40,92	29,63	6,40
2	14	20,25	40,01	32,64	6,64
3	-	-	-	-	-

Tabelle 10: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sekundärdentinbildung, Zahn45, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	199	14,78	40,71	22,77	6,32
1	144	16,96	49,89	31,17	6,27
2	24	22,52	40,49	33,19	5,05
3	-	-	-	-	-

6.2 Rückgang der Parodontalgewebe

Die Mittelwerte und Minima steigen mit zunehmendem Stadium mit Ausnahme des Endstadiums 3 an. Diese Beobachtung könnte in der geringen Fallzahl von Probanden mit Stadium 3 begründet sein. Stadium 2 wird je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 20,2 bis 22,7 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 21,0 bis 25,2 Jahren erreicht. Stadium 3 wird von den weiblichen Probanden lediglich an den Zähnen

34,44 und 45 erreicht. Die Minima reichen hier von 28,3 bis 34,8 Jahren. Bei den männlichen Probanden wird Stadium 3 von den Zähnen 34, 35 und 44 erreicht. Die Minima reichen hier von 34,0 bis 35,8 Jahren.

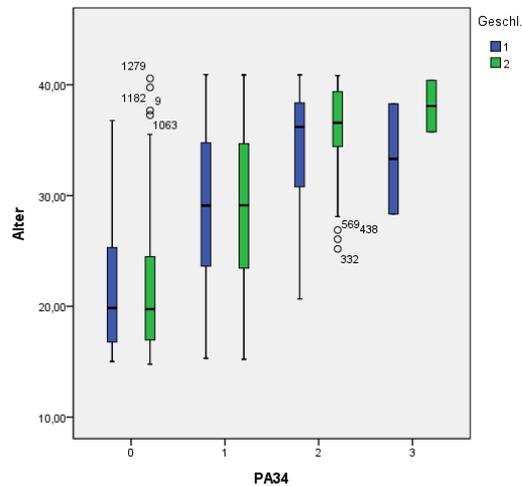


Abbildung 18: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34

Tabelle 11. Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 34, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	144	15,02	36,77	21,81	5,95
1	421	15,31	40,92	29,14	6,83
2	39	20,68	40,90	34,30	5,09
3	2	28,34	38,28	33,31	7,02

Tabelle 12: Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 34, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	132	14,78	40,57	21,57	5,84
1	415	15,23	40,89	28,87	6,79
2	47	25,19	40,84	36,07	4,03
3	2	35,76	40,40	38,08	3,28

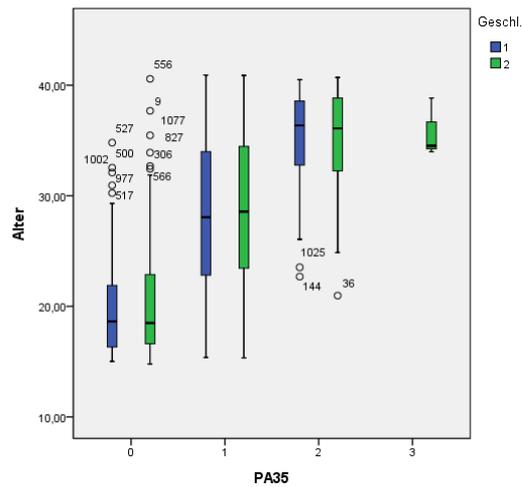


Abbildung 19: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35

Tabelle 13: Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 35, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	99	15,02	34,81	19,81	4,45
1	411	15,38	40,92	28,39	6,88
2	46	22,69	40,51	35,11	4,52
3	-	-	-	-	-

Tabelle 14: Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 35, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	115	14,78	40,58	20,44	5,43
1	388	15,34	40,89	28,75	6,66
2	59	20,97	40,71	34,94	4,73
3	3	33,98	38,84	35,78	2,66

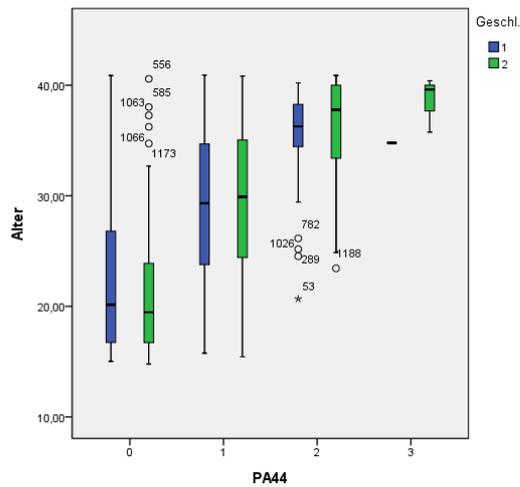


Abbildung 20: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44

Tabelle 15: Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 44, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	153	15,02	40,88	22,46	6,92
1	405	15,76	40,92	29,24	6,54
2	25	20,68	40,21	34,69	5,31
3	1	34,79	34,79	34,79	-

Tabelle 16: Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 44, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	145	14,78	40,48	20,96	5,39
1	387	15,44	40,84	29,60	6,47
2	34	23,44	40,89	36,23	4,69
3	3	35,76	40,40	38,59	2,48

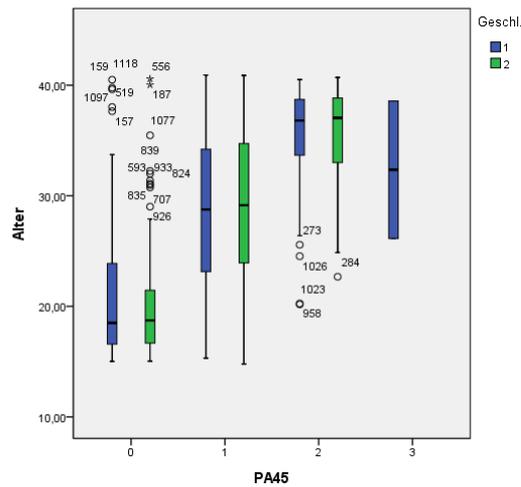


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium des Rückgangs der Parodontalgewebe, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45

Tabelle 17: Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 45, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	111	15,02	40,50	21,02	6,08
1	414	15,31	40,92	28,59	6,69
2	41	20,18	40,52	34,99	5,35
3	2	26,14	38,57	32,36	8,78

Tabelle 18: Statistische Maßzahlen, Merkmal Rückgang Parodontalgewebe, Zahn 45, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	116	15,04	40,58	20,16	5,15
1	388	14,78	40,89	29,18	6,57
2	46	22,67	40,71	35,40	4,50
3	-	-	-	-	-

6.3 Abrasion

Die Mittelwerte und Minima steigen mit Ausnahme der Zähne 34 und 45 mit zunehmendem Stadium an. Ursache für dieses uneinheitliche Bild dürfte auch hier die geringe Fallzahl von Probanden mit Stadium 2 sein.

Stadium 2 wird je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 21,9 bis 30,4 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem

Mindestalter von 30,3 bis 37,5 Jahren erreicht.

Bedingt durch die Altersstruktur der Stichprobe wurde in keinem Fall ein Stadium 3 festgestellt.

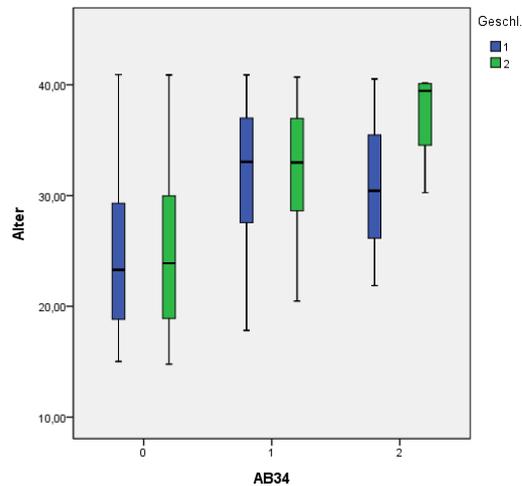


Abbildung 22: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34

Tabelle 19: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 34, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	313	15,02	40,92	24,56	7,02
1	156	17,82	40,90	32,14	5,94
2	3	21,86	40,52	30,94	9,33
3	-	-	-	-	-

Tabelle 20: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 34, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	355	14,78	40,89	24,94	7,21
1	139	20,48	40,70	32,45	5,28
2	4	30,26	40,16	37,33	4,75
3	-	-	-	-	-

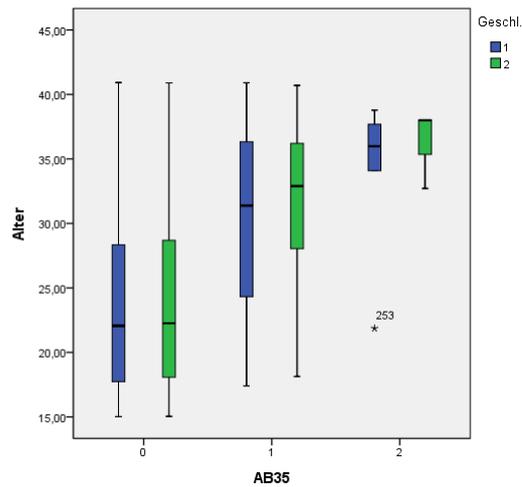


Abbildung 23: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35

Tabelle 21: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 35, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	229	15,02	40,92	23,76	6,99
1	128	17,40	40,90	30,48	6,75
2	5	21,86	38,78	33,68	6,84
3	-	-	-	-	-

Tabelle 22: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 35, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	275	15,04	40,89	24,16	7,16
1	143	18,13	40,70	31,81	5,65
2	3	32,71	38,01	36,24	3,05
3	-	-	-	-	-

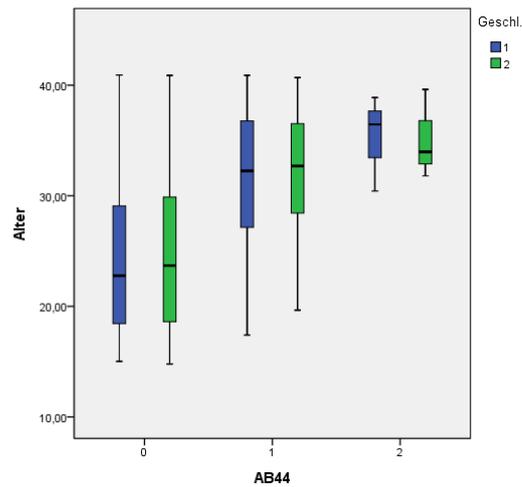


Abbildung 24: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44

Tabelle 23: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 44, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	288	15,02	40,92	24,27	6,93
1	150	17,40	40,90	31,56	6,12
2	3	30,44	38,88	35,26	4,35
3	-	-	-	-	-

Tabelle 24: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 44, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	335	14,78	40,89	24,94	7,44
1	150	19,65	40,70	32,12	5,54
2	3	31,81	39,63	35,13	4,04
3	-	-	-	-	-

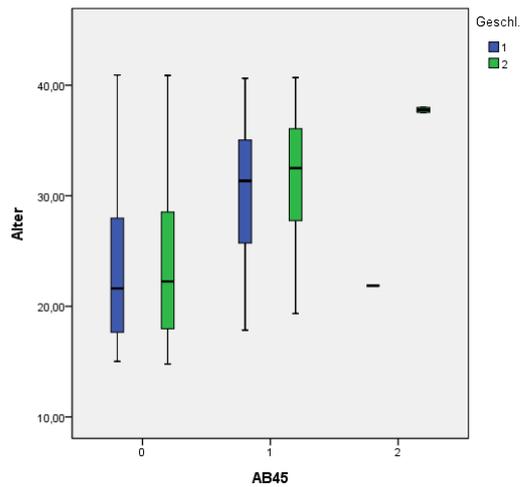


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Abrasion, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45

Tabelle 25: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 45, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	210	15,02	40,92	23,28	6,86
1	118	17,84	40,63	30,49	6,10
2	1	21,86	21,86	21,86	-
3	-	-	-	-	-

Tabelle 26: Statistische Maßzahlen, Merkmal Abrasion, Zahn 45, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	261	14,78	40,89	23,98	7,17
1	146	19,35	40,70	31,72	5,51
2	2	37,54	37,99	37,77	0,32
3	-	-	-	-	-

6.4 Zementapposition

Die Mittelwerte und Minima steigen mit zunehmendem Stadium an. Stadium 2 wird je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 20,2 bis 25,1 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 19,3 bis 26,9 Jahren erreicht.

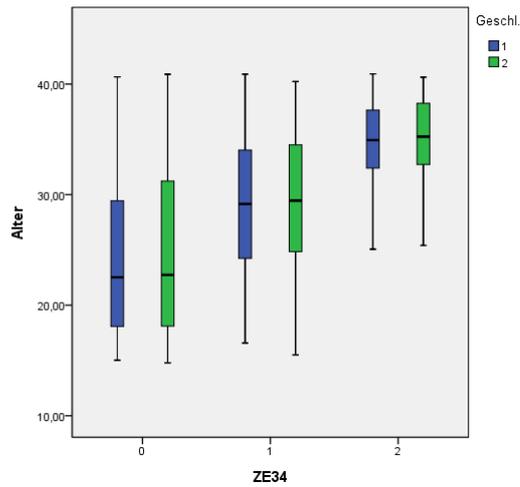


Abbildung 26: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der ^ Zementapposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 34

Tabelle 27: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementapposition, Zahn 34, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	256	15,02	40,65	24,46	7,42
1	240	16,58	40,90	29,28	6,38
2	44	25,06	40,92	34,72	3,75

Tabelle 28: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementapposition, Zahn 34, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	279	14,78	40,89	24,89	7,92
1	179	15,51	40,23	29,41	5,97
2	34	25,41	40,63	34,99	3,92

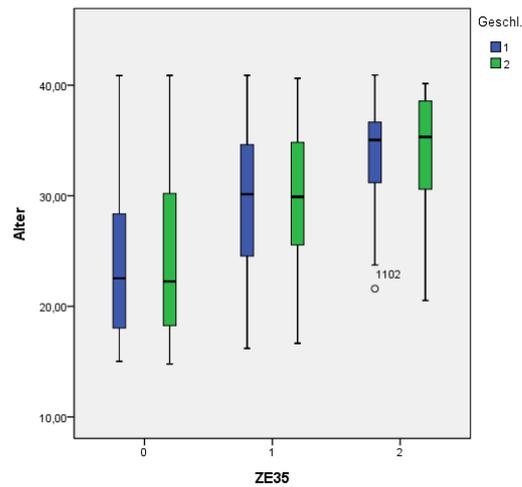


Abbildung 27: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Zementaposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 35

Tabelle 29: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 35, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	259	15,02	40,88	24,05	7,06
1	237	16,19	40,90	29,74	6,55
2	39	21,55	40,92	33,53	5,07

Tabelle 30: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementaposition, Zahn 35, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	291	14,78	40,89	24,49	7,48
1	189	16,66	40,63	30,19	5,71
2	38	20,52	40,16	33,77	5,30

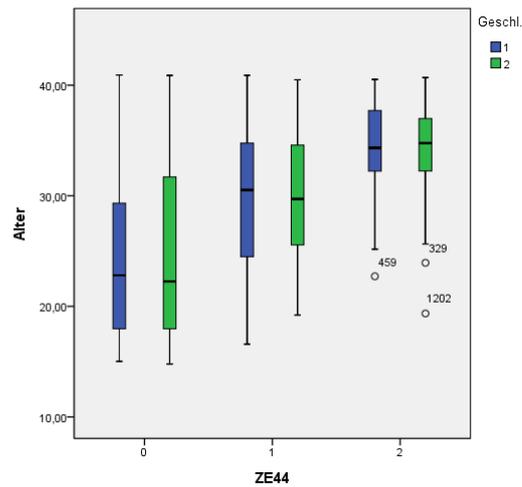


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Zementapposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 44

Tabelle 31: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementapposition, Zahn 44, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	257	15,02	40,92	24,40	7,27
1	241	16,58	40,90	29,67	6,34
2	37	22,72	40,53	34,23	4,32

Tabelle 32: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementapposition, Zahn 44, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	273	14,78	40,89	24,98	8,13
1	181	19,21	40,49	30,02	5,79
2	30	19,35	40,70	33,55	5,01

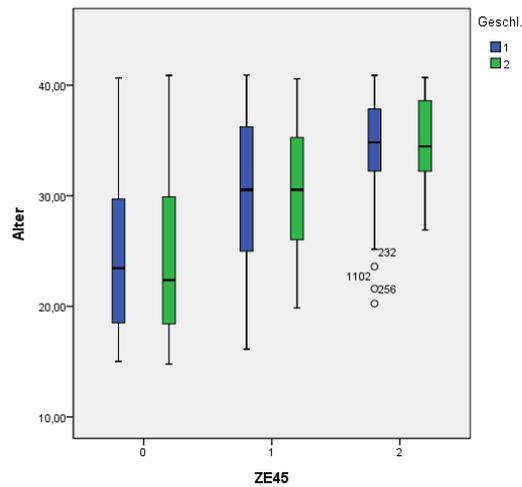


Abbildung 29: Zusammenhang zwischen Lebensalter und jeweiligem Stadium der Zementapposition, 1=weiblich, 2=männlich, Zahn 45

Tabelle 33: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementapposition, Zahn 45, weiblich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	289	15,02	40,65	24,59	7,03
1	208	16,13	40,92	30,09	6,65
2	41	20,25	40,90	34,02	5,13

Tabelle 34: Statistische Maßzahlen, Merkmal Zementapposition, Zahn 45, männlich

Stadium	Fallzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
0	293	14,78	40,89	24,59	7,55
1	193	19,86	40,58	30,61	5,68
2	30	26,91	40,70	34,52	3,85

7 Diskussion

7.1 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, Schmeling et al. 2006a, Schmeling et al. 2006b, Cameriere et al. 2009, Kellinghaus et al. 2009, Knell et al. 2009, Olze et al. 2010 a, 2010 b, 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 populationspezifische Standards und Referenzstudien in der Altersschätzungsroutine Anwendung finden sollten.

7.1.1 Weisheitszahnmineralisation

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

Im Rahmen verschiedener Studien wurden diverse Stadieneinteilungen zur Bewertung der Mineralisation entwickelt. Dabei wurde zunächst nur die Mineralisation der bleibenden Dentition (Zähne 1-7) untersucht, erst später richtete sich das Augenmerk der Forschung auch auf den dritten Molar. Die Ergebnisse der Studien waren nicht unmittelbar miteinander vergleichbar, 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 unter anderem 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 $1/4$, $1/3$, $1/2$ und $2/3$ der zu erwartenden Wurzellänge unterschieden, was zu einer eher subjektiv geprägten Beurteilungsweise führt (Demirjian 1986). Während Gleiser u. Hunt (1955), Moorrees

et al. (1963) und Köhler et al. (1994) den kompletten Zahn bewerteten, verwendeten Kullmann et al. (1992) ausschließlich Wurzelstadien.

Die von Demirjian et al. (1973) vorgestellte Stadieneinteilung unterscheidet jeweils vier Kronen- und Wurzelstadien (Stadien A-H). Diese Stadien sind durch Formveränderungen gekennzeichnet und unabhängig von spekulativen Längenschätzungen. Von einer numerischen Kennzeichnung der Stadien wurde abgesehen, um den Eindruck zu vermeiden, es handele sich bei den einzelnen Stadien um Abläufe gleicher Zeitdauer.

In einer Arbeit von Olze et al. (2005) 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 12-25 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 (Intraclass-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 (Intraclass-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 erwies 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 zitierten Studie gewählte Vorgehen wurde 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 et al. (1973) bei 993 deutschen Probanden im Alter von 5-24,5 Jahren das zeitliche Durchlaufen der Mineralisationsstadien der Zähne 18-48 geschlechtergetrennt. Es konnte ein dentaler Entwicklungsvorsprung der weiblichen Probanden insbesondere im Alter von 8,7-12,8 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, wobei die Entwicklung der unteren bleibenden Zähne durchgehend jenen des Oberkiefers vorauseilte. Lediglich die dritten Molaren bei beiden Geschlechtern entwickelten sich mit etwa der gleichen Geschwindigkeit in allen vier

Quadranten und wiesen alternierend Entwicklungsvorsprünge im Ober- und im Unterkiefer auf.

Olze et al. (2003) untersuchten die Orthopantomogramme von 860 weiblichen und 577 männlichen deutschen Probanden im Alter von 12-26 Jahren. Der Mineralisationsstand der dritten Molaren wurde unter Verwendung der Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973) beurteilt. Die Autoren fanden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des zeitlichen Durchlaufens der Mineralisationsstadien der dritten Molaren des Ober- und Unterkiefers, signifikante Geschlechterunterschiede 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 Weisheitszähne zwischen den linken und rechten Kieferabschnitte von Ober- und Unterkiefer, die dritten Molaren des Oberkiefers entwickelten sich jedoch generell schneller, als jene des Unterkiefers. Jungen zeigten bezüglich der Weisheitszahnentwicklung einen dentalen Entwicklungsvorsprung gegenüber gleichaltrigen Mädchen. 2,5% der 18- und 38,4% der 21-jährigen zeigten eine abgeschlossene Weisheitszahnentwicklung in allen vier Quadranten, weshalb die Autoren schlussfolgerten, dass eine ausschließliche Verwendung des Entwicklungsstandes der Weisheitszähne zur Altersschätzung allein nicht ausreiche. Vielmehr könnten die Erkenntnisse der Schätzung des Zahnalters nur im Kontext mit anderen, ergänzenden Untersuchungen eine zuverlässige Altersschätzung ermöglichen. Zu möglichen ethnischen Unterschieden konnten laut den Autoren keine zuverlässigen Angaben gemacht werden, da die Fallzahl hierfür nicht ausreiche. Lediglich für das Stadium Ac, welches die abgeschlossene Wurzelbildung kennzeichnet, konnte eine genügende Fallzahl vorgewiesen werden. Demnach erreichte die türkische Population dieses Stadium für den Zahn 18 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 die Entwicklung der dritten Molaren, der zweiten Unterkieferprämolaren und -molaren auf 812 Panoramaschichtaufnahmen von spanischen Patienten im Alter von 4-20 Jahren. Die Einteilung der Entwicklungsstadien erfolgte nach dem System von Nolla et al. (1960). Bei Erreichen des Stadiums 10 (das apikale Ende der Wurzel ist komplett) der dritten Molaren waren die Probanden in einem durchschnittlichen Alter zwischen 18,62 und 19,58 Jahren bei einer SD von 1,05-2,27 Jahren. Die Autoren fanden vernachlässigbare Geschlechterunterschiede bezüglich der Mineralisationsgeschwindigkeit der dritten Molaren. Die Oberkieferweisheitszähne waren den Unterkieferweisheitszähnen in ihrer Entwicklung voraus. Gorgani et al. (1990), Larena 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 7-16-jährigen Japanern und verglichen ihre Daten mit den von Rantanen (1967), Haavikko (1970) und Gorgani (1990) 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.

Die im Folgenden zitierten Studien wurden unter Verwendung der Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973) als Mindestkriterium für den Versuch eines Datenabgleichs erstellt. Tabelle 5 zeigt schließlich die ermittelten statistischen Maßzahlen und gewährt einen Einblick in das Mineralisationsverhalten der dritten Molaren in verschiedenen Populationen. Die ermittelten Werte sind auch hier nicht vollständig vergleichbar, die einheitlich verwendete Stadieneinteilung ermöglicht jedoch einen zumindest groben Vergleich.

Mincer et al. (1993) untersuchten 823 amerikanische Probanden weißer und schwarzer Hautfarbe im Alter von 14,1-24,9 Jahren. Die Mineralisation der dritten Molaren wurde gemäß des von Demirjian et al. (1973) entwickelten Stadiensystems bewertet. Die Wahrscheinlichkeit in einem bestimmten Stadium 18 Jahre alt zu sein wurde berechnet. Die Ergebnisse zeigten nach Auffassung der Autoren, dass die Wahrscheinlichkeit, bei vorliegenden Stadien A-D das achtzehnte Lebensjahr erreicht zu haben sehr gering sei, da das durchschnittliche Alter für Stadium D gemessen an weißen Amerikanern bei 15,5-16 Jahren liege (\pm SD 1,55-1,97). Wenn allerdings das Stadium H erreicht wurde, sei es sehr wahrscheinlich, dass der Proband mindestens 18 Jahre alt geworden ist. Das durchschnittliche Alter im Stadium H betrug 20,2-21,4 Jahre (\pm SD 1,97-3,14).

Solari et al. (2002) untersuchten anhand von 679 Orthopantomogrammen lateinamerikanischer Patienten zwischen 14-25 Jahren die Entwicklung der Weisheitszähne unter Zuhilfenahme einer von ihnen leicht modifizierten Version der Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973). Statt der bekannten acht Stadien wurden zehn Stadien verwendet, die Stadien F1 und G1 kamen neu hinzu. Der ermittelte Unterschied zwischen dem geschätzten und chronologischen Alter betrug für männliche Probanden \pm 2,6, für weibliche Probanden \pm 3,0 Jahre.

Olze et al. (2004d) präsentierten vergleichende Daten bezüglich des Mineralisationsstandes der dritten Molaren einer europäischen, 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.

De Salvia et al. (2004) verglichen die Methode nach Demirjian et al. (1973) mit der von Solari et al. (2002) modifizierten Variante. Insgesamt 400 Orthopantomogramme einer spanischen Population im Alter von 14,5-25 Jahren wurden hinsichtlich der Mineralisation des Zahnes 48 bewertet. Für jedes der acht bzw. zehn Stadien wurde die Wahrscheinlichkeit kalkuliert, mit welcher der jeweilige Proband das 18. Lebensjahr vollendet hat. Für das Stadium H nach Demirjian et al. (1973) lag die Wahrscheinlichkeit, 18 Jahre alt zu sein für Frauen bei 98,61% und für Männer bei 96,84%. Die Sub-Stadien F1 und G1 waren nach Auffassung der Autoren schwer von den Stadien F, G und H zu unterscheiden. Die Autoren empfehlen, weiterhin die Methode nach Demirjian et al. (1973) zu wählen.

Arany et al. (2004) bewerteten ebenfalls die Weisheitszahnmineralisation nach der Methode von Demirjian et al. (1973). Dazu wurden 1282 Orthopantomogramme von japanischen Probanden im Alter von 14-24 Jahren beurteilt. Ziel der Untersuchung war herauszufinden, ob anhand der vorgefundenen Mineralisationsstadien eine verlässliche Vorhersage bezüglich des Abschlusses des 14., 16., 18. und 20. Lebensjahres möglich ist. Bei Erreichen des Stadiums F lag die Wahrscheinlichkeit, mindestens 14 Jahre alt zu sein bei 97%, für das Stadium H konnte nach Auffassung der Autoren zu 99% davon ausgegangen werden, dass der Proband mindestens 16

Jahre alt geworden ist. Der durchschnittliche Unterschied zwischen geschätztem und chronologischem Alter betrug 1,6 Jahre, bei einer Standardabweichung von $\pm 1,2$ Jahren.

Prieto et al. (2005) bestimmten den Mineralisationsgrad der Zähne 38 und 48 auf 1054 Orthopantomogrammen von spanischen Jugendlichen im Alter von 14-21 Jahren unter Verwendung der Methode nach Demirjian et al. (1973). Es wurde die Wahrscheinlichkeit, dass ein Proband das 18. Lebensjahr erreicht hatte berechnet. Darüber hinaus wurde das durchschnittliche Alter bei Erreichen des jeweiligen Stadiums mit Werten aus anderen Ländern verglichen. Der durchschnittliche Unterschied zwischen dem geschätzten und dem chronologischen Alter betrug für den Zahn 38 0,10 Jahre ($\pm 1,23$ SD) und für den Zahn 48 0,07 Jahre ($\pm 1,22$ SD). Das rechtlich relevante Alter von 18 Jahren wurde bei Frauen mit Auftreten des Stadiums G, und bei Männern mit Auftreten des Stadiums H erreicht.

Blankenship et al. (2007) untersuchten anhand von 1200 Orthopantomogrammen von 637 schwarzen und 563 weißen US-Amerikanern im Alter von 14-24,9 Jahren die Entwicklung der dritten Molaren nach der Methode von Demirjian et al. (1973). Es konnten Unterschiede bezüglich der Mineralisation zwischen den Geschlechtern festgestellt werden sowie zwischen den schwarzen und weißen Amerikanern. So erreichten die schwarzen Amerikaner die Stadien D, E und F im Schnitt sehr viel schneller als die weißen Amerikaner. Darüber hinaus wurde die Wahrscheinlichkeit ermittelt, mit der ein Proband im Stadium H das 18. Lebensjahr erreicht hatte. Für schwarze Amerikaner lag die Wahrscheinlichkeit, mit Erreichen des Stadiums H 18 Jahre alt zu sein bei 93% (Männer) bzw. 84% (Frauen), für weiße Amerikaner bei 90% (Männer) bzw. 93% (Frauen).

Anhand von 900 Orthopantomogrammen türkischer Kinder und junger Erwachsener im Alter von 8-25 Jahren beurteilten Sisman et al. (2007) den Mineralisationsstand des Zahnes 48 gemäß der Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973). Es wurde die Korrelation der jeweiligen Mineralisationsstadien mit dem chronologischen Alter berechnet und Geschlechterunterschiede hinsichtlich des zeitlichen Durchlaufens der jeweiligen Entwicklungsstadien bestimmt. Statistisch signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) traten zwischen Männern und Frauen bezüglich des Erreichens der Stadien D und G auf, die Entwicklung der dritten Molaren schritt bei den männlichen Probanden schneller voran, als bei den weiblichen Probanden. Die statistische

Analyse ergab eine starke Korrelation zwischen dem Entwicklungsstand der untersuchten dritten Molaren und dem chronologischen Alter ($r^2= 0.65$ für männliche und $r^2= 0.61$ für weibliche Probanden).

Orhan et al. (2007) veröffentlichten ebenfalls eine Studie zur Entwicklung der dritten Molaren. Zur Untersuchung kamen 1134 Orthopantomogramme von türkischen Kindern und Jugendlichen im Alter von 4-20 Jahren. Es wurden alle vier angelegten Weisheitszähne beurteilt. Die Beurteilung erfolgte nach der Stadieneinteilung von Demirjian et al. (1973), welche von den Autoren um zwei zusätzliche Stadien erweitert wurde. Das Stadium 0 war durch das völlige Fehlen einer Kalzifizierung, das Stadium 1 durch eine beginnende radiologische Veränderung vor einer eigentlichen Kalzifikation gekennzeichnet. Die statistische Analyse ergab eine starke Korrelation zwischen dem Entwicklungsstand der dritten Molaren und dem chronologischen Alter (männliche Probanden: $r^2= 0.57$, weibliche Patienten: $r^2= 0.56$).

Meinl et al. (2007) beurteilten unter Verwendung der Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973) an 610 Orthopantomogrammen von österreichischen Probanden im Alter von 12-24 Jahren den Stand der Weisheitszahnmineralisation und bestimmten anschließend die Wahrscheinlichkeit, mit welcher ein Proband in einem bestimmten Entwicklungsstadium das 18. Lebensjahr erreicht oder überschritten hat. Betrachtet wurden ausschließlich die dritten Molaren im Unterkiefer. Die Auswertung der Daten zeigte, dass 90% der Probanden im Demirjian-Stadium H 18 Jahre und älter waren. 75% der Probanden waren mit Erreichen des Stadiums D mindestens 16 Jahre alt. Die Wahrscheinlichkeit eines Individuums, das Erwachsenenalter erreicht zu haben lag bei vollständig abgeschlossenem Wurzelwachstum der dritten Molaren für Männer bei 99,5% und für Frauen bei 99,3%.

Lee et al. (2009) untersuchten 3301 Orthopantomogramme von koreanischen Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Alter von 4-26 Jahren. Der Entwicklungsstand der Zähne 18, 28, 38 und 48 wurde unter Verwendung der Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973) bewertet. Das ermittelte Schätzalder korrelierte stark mit dem chronologischen Alter ($r^2 = 0.81$ für Mädchen und $r^2 = 0.84$ für Jungen). Anschließend wurde die Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der die Probanden in einem bestimmten Stadium jünger als 14, 18 und 20 Jahre alt waren. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Stadien C, F und G als Referenzstadien

betrachtet werden können, da im jeweils darauffolgenden Stadium die Wahrscheinlichkeit unter einem bestimmten Alter zu liegen, sehr stark abnahm.

Kasper et al. (2009) untersuchten die Weisheitszahnmineralisation auf 950 Orthopantomogrammen von Probanden lateinamerikanischer Herkunft aus Nord- und Südtexas im Alter von 12-22 Jahren. Die Ergebnisse wurden mit den Daten der Untersuchung von Mincer et al. (1993) verglichen. Die Autoren stellten fest, dass sich die dritten Molaren der Probanden lateinamerikanischen Ursprungs im Durchschnitt 8-18 Monate schneller entwickelten, als jene der von Mincer et al. (1993) untersuchten amerikanischen Probanden.

Zeng et al. (2010) untersuchten 3100 Orthopantomogramme von Han-Chinesen im Alter von 4-26 Jahren hinsichtlich des Mineralisationsstandes der dritten Molaren. Die Untersuchungen erfolgten unter Verwendung der Methode nach Demirjian et al. (1973). Beurteilt wurden Unterschiede in der Mineralisation zwischen den einzelnen dritten Molaren. Es wurden Seiten- und Geschlechterunterschiede bestimmt. Es bestand kein signifikanter zeitlicher Unterschied zwischen der Mineralisation der Zähne 18, 28, 38 und 48, Seitenunterschiede konnten ebenfalls nicht festgestellt werden. Für einzelne Stadien der Zähne 18-48 wurde bei den männlichen Probanden ein Entwicklungsvorsprung gegenüber den Frauen in Höhe von 0,26-1,34 Jahren gefunden.

Tabelle 35: Durchschnittliches Alter bei Erreichen der Stadien D-H der Weisheitszähne nach Demirjian et al. (1973) in verschiedenen Populationen

Autor	Nationalität	Untersuchte Zähne	Stadium D Ø Alter SD	Stadium E Ø Alter SD	Stadium F Ø Alter SD	Stadium G Ø Alter SD	Stadium H Ø Alter SD	Publikationsjahr
Mincer et al.	amerikanisch (Amerikaner weißer Hautfarbe, soweit nicht anders gekennzeichnet)	18 und 28	♀ 16.0 ± 1.6 ♂ 16.0 ± 2.0 B. k.A.	♀ 16.9 ± 1.9 ♂ 16.6 ± 2.4 B. k.A.	♀ 18.0 ± 2.0 ♂ 17.7 ± 2.3 B. k.A.	♀ 18.8 ± 2.3 ♂ 18.2 ± 1.9 B 19.3 ± 3.4	♀ 20.6 ± 2.1 ♂ 20.2 ± 2.1 B 20.4 ± 3.1	1993
		38 und 48	♀ 16.0 ± 1.7 ♂ 15.5 ± 1.6 B. k.A.	♀ 16.9 ± 1.8 ♂ 17.3 ± 2.5 B. k.A.	♀ 17.7 ± 1.8 ♂ 17.5 ± 2.1 B 17.2 ± 3.1	♀ 19.1 ± 2.2 ♂ 18.3 ± 2.0 B 18.5 ± 2.7	♀ 20.9 ± 2.0 ♂ 20.5 ± 2.0 B 21.4 ± 2.3	
Solari et al.	lateinamerikanisch	18 und 28	♀ 15.7 ± 1.4 ♂ 15.3 ± 1.4	♀ 16.2 ± 1.7 ♂ 16.0 ± 1.4	♀ 16.7 ± 1.8 ♂ 16.1 ± 1.5	♀ 18.4 ± 2.2 ♂ 16.7 ± 1.4	♀ 20.8 ± 2.2 ♂ 20.1 ± 2.2	2002
		38 und 48	♀ 15.6 ± 1.4 ♂ 15.5 ± 1.5	♀ 16.1 ± 1.4 ♂ 15.8 ± 1.2	♀ 17.3 ± 2.6 ♂ 16.3 ± 1.3	♀ 18.5 ± 2.1 ♂ 17.1 ± 1.7	♀ 21.7 ± 1.8 ♂ 20.6 ± 2.3	
Olze et al.	deutsch	18	♀ 15.7 ± 2.8 ♂ 16.5 ± 3.1	♀ 16.8 ± 2.3 ♂ 16.7 ± 2.6	♀ 18.6 ± 2.5 ♂ 17.8 ± 2.0	♀ 20.7 ± 2.6 ♂ 20.6 ± 2.4	♀ 22.7 ± 1.9 ♂ 22.5 ± 1.9	2004
		28	♀ 15.7 ± 2.5 ♂ 16.3 ± 3.2	♀ 17.0 ± 2.7 ♂ 16.6 ± 2.3	♀ 18.7 ± 2.5 ♂ 17.7 ± 2.0	♀ 20.7 ± 2.6 ♂ 20.6 ± 2.4	♀ 22.7 ± 1.9 ♂ 22.6 ± 1.9	
		38	♀ 15.5 ± 2.6 ♂ 16.3 ± 3.1	♀ 16.8 ± 2.3 ♂ 16.7 ± 2.3	♀ 19.1 ± 2.5 ♂ 18.3 ± 2.2	♀ 21.7 ± 2.1 ♂ 21.3 ± 2.0	♀ 23.0 ± 1.8 ♂ 22.7 ± 1.9	
		48	♀ 15.7 ± 2.6 ♂ 16.7 ± 3.1	♀ 17.2 ± 2.4 ♂ 16.7 ± 2.1	♀ 19.0 ± 2.5 ♂ 18.2 ± 2.1	♀ 21.7 ± 2.1 ♂ 21.3 ± 2.1	♀ 23.1 ± 1.8 ♂ 22.7 ± 1.9	
Olze et al.	japanisch	18	♀ 19.2 ± 2.6 ♂ 18.7 ± 3.1	♀ 19.5 ± 2.7 ♂ 18.9 ± 3.2	♀ 20.2 ± 2.3 ♂ 20.4 ± 2.4	♀ 21.5 ± 2.2 ♂ 21.6 ± 2.0	♀ 22.3 ± 2.1 ♂ 22.4 ± 2.1	2004
		28	♀ 19.3 ± 2.5 ♂ 18.0 ± 3.7	♀ 19.5 ± 3.2 ♂ 18.9 ± 3.3	♀ 19.9 ± 2.3 ♂ 20.3 ± 2.5	♀ 21.4 ± 2.0 ♂ 21.6 ± 2.0	♀ 22.3 ± 2.1 ♂ 22.4 ± 2.1	
		38	♀ 18.0 ± 2.8 ♂ 18.2 ± 3.3	♀ 18.6 ± 2.3 ♂ 18.5 ± 2.7	♀ 20.5 ± 2.2 ♂ 20.4 ± 2.4	♀ 21.8 ± 2.0 ♂ 21.8 ± 2.5	♀ 22.4 ± 2.1 ♂ 22.7 ± 2.0	
		48	♀ 18.2 ± 2.6 ♂ 18.1 ± 2.8	♀ 18.6 ± 3.2 ♂ 18.8 ± 2.9	♀ 20.2 ± 2.0 ♂ 19.9 ± 2.2	♀ 21.7 ± 2.0 ♂ 22.0 ± 2.2	♀ 22.4 ± 2.0 ♂ 22.6 ± 2.2	

Autor	Nationalität	Untersuchte Zähne	Stadium D Ø Alter SD	Stadium E Ø Alter SD	Stadium F Ø Alter SD	Stadium G Ø Alter SD	Stadium H Ø Alter SD	Publikationsjahr
Olze et al.	afrikanisch (Südafrikaner)	18	♀ 13.9 ± 3.1 ♂ 13.2 ± 1.5	♀ 15.5 ± 1.8 ♂ 15.9 ± 2.3	♀ 18.6 ± 2.7 ♂ 17.9 ± 2.3	♀ 20.3 ± 2.8 ♂ 20.9 ± 2.6	♀ 22.1 ± 2.5 ♂ 22.7 ± 2.6	2004
		28	♀ 14.1 ± 3.4 ♂ 13.4 ± 1.5	♀ 16.1 ± 2.9 ♂ 15.7 ± 1.8	♀ 17.9 ± 2.4 ♂ 17.1 ± 2.5	♀ 19.6 ± 2.5 ♂ 19.6 ± 2.2	♀ 22.7 ± 2.5 ♂ 22.5 ± 2.3	
		38	♀ 13.6 ± 2.5 ♂ 13.4 ± 1.6	♀ 15.4 ± 2.6 ♂ 15.9 ± 2.3	♀ 18.6 ± 2.5 ♂ 17.4 ± 2.5	♀ 21.1 ± 2.2 ♂ 19.8 ± 2.3	♀ 22.9 ± 2.4 ♂ 22.8 ± 2.1	
		48	♀ 14.0 ± 2.6 ♂ 14.8 ± 4.5	♀ 15.9 ± 2.3 ♂ 15.2 ± 2.4	♀ 17.4 ± 2.5 ♂ 18.7 ± 2.3	♀ 21.1 ± 2.5 ♂ 21.1 ± 2.5	♀ 22.9 ± 2.4 ♂ 22.9 ± 2.3	
De Salvia et al.	spanisch	48	♀ 17.2 ± k.A. ♂ 17.1 ± k.A.	♀ 18.1 ± k.A. ♂ 17.3 ± k.A.	♀ 19.2 ± k.A. ♂ 18.9 ± k.A.	♀ 20.7 ± k.A. ♂ 20.0 ± k.A.	♀ 22.3 ± k.A. ♂ 21.9 ± k.A.	2004
Arany et al.	japanisch	18	♀ 15.8 ± k.A. ♂ 15.8 ± k.A.	♀ 17.1 ± k.A. ♂ 16.6 ± k.A.	♀ 18.6 ± k.A. ♂ 18.3 ± k.A.	♀ 19.3 ± k.A. ♂ 18.5 ± k.A.	♀ 21.7 ± k.A. ♂ 21.4 ± k.A.	2004
		28	♀ 16.1 ± k.A. ♂ 15.3 ± k.A.	♀ 17.4 ± k.A. ♂ 16.8 ± k.A.	♀ 18.6 ± k.A. ♂ 18.1 ± k.A.	♀ 19.5 ± k.A. ♂ 18.5 ± k.A.	♀ 21.7 ± k.A. ♂ 21.5 ± k.A.	
		38	♀ 16.0 ± k.A. ♂ 15.4 ± k.A.	♀ 17.3 ± k.A. ♂ 16.4 ± k.A.	♀ 18.3 ± k.A. ♂ 17.4 ± k.A.	♀ 19.4 ± k.A. ♂ 18.6 ± k.A.	♀ 21.8 ± k.A. ♂ 21.6 ± k.A.	
		48	♀ 16.1 ± k.A. ♂ 15.9 ± k.A.	♀ 17.2 ± k.A. ♂ 16.3 ± k.A.	♀ 18.1 ± k.A. ♂ 17.2 ± k.A.	♀ 19.4 ± k.A. ♂ 18.7 ± k.A.	♀ 21.8 ± k.A. ♂ 21.6 ± k.A.	
Prieto et al.	spanisch	38	♀ 15.1 ± 1.0 ♂ 15.1 ± 1.0	♀ 16.0 ± 1.4 ♂ 15.2 ± 1.0	♀ 16.8 ± 1.6 ♂ 16.4 ± 1.3	♀ 18.4 ± 1.4 ♂ 17.9 ± 1.5	♀ 19.7 ± 1.0 ♂ 19.7 ± 1.1	2005
		48	♀ 15.1 ± 1.0 ♂ 15.1 ± 1.0	♀ 15.9 ± 1.2 ♂ 15.2 ± 0.9	♀ 16.8 ± 1.5 ♂ 16.4 ± 1.3	♀ 18.5 ± 1.4 ♂ 17.7 ± 1.5	♀ 19.6 ± 1.2 ♂ 19.7 ± 1.1	
Blankenship et al.	amerikanisch (weiß)	18 und 28	♀ 15.8 ± k.A. ♂ 15.7 ± k.A.	♀ 16.8 ± k.A. ♂ 16.3 ± k.A.	♀ 18.0 ± k.A. ♂ 17.3 ± k.A.	♀ 18.7 ± k.A. ♂ 18.0 ± k.A.	k.A. k.A.	2006
		38 und 48	♀ 15.9 ± k.A. ♂ 15.1 ± k.A.	♀ 16.9 ± k.A. ♂ 16.7 ± k.A.	♀ 17.8 ± k.A. ♂ 17.0 ± k.A.	♀ 19.0 ± k.A. ♂ 17.9 ± k.A.	k.A. k.A.	
Blankenship et al.	amerikanisch (schwarz)	18 und 28	♀ 14.7 ± k.A. ♂ 14.4 ± k.A.	♀ 15.3 ± k.A. ♂ 15.7 ± k.A.	♀ 16.2 ± k.A. ♂ 16.6 ± k.A.	♀ 16.9 ± k.A. ♂ 17.9 ± k.A.	k.A. k.A.	2006
		38 und 48	♀ 14.7 ± k.A. ♂ 14.7 ± k.A.	♀ 15.3 ± k.A. ♂ 15.6 ± k.A.	♀ 16.4 ± k.A. ♂ 16.6 ± k.A.	♀ 16.9 ± k.A. ♂ 18.8 ± k.A.	k.A. k.A.	
Sisman et al.	türkisch	48	♀ 13.6 ± 2.2 ♂ 12.9 ± 1.5	♀ 15.4 ± 2.4 ♂ 14.4 ± 1.7	♀ 16.8 ± 2.1 ♂ 16.9 ± 1.5	♀ 19.3 ± 2.3 ♂ 18.1 ± 2.4	♀ 22.7 ± 2.2 ♂ 22.1 ± 2.9	2007

Autor	Nationalität	Untersuchte Zähne	Stadium D Ø Alter SD	Stadium E Ø Alter SD	Stadium F Ø Alter SD	Stadium G Ø Alter SD	Stadium H Ø Alter SD	Publikationsjahr
Orhan et al.	türkisch	18	♀ 15.2 ± 2.8	♀ 16.5 ± 2.3	♀ 17.2 ± 2.5	♀ 18.0 ± 2.2	♀ 20.1 ± 1.9	2007
			♂ 14.7 ± 2.8	♂ 15.5 ± 2.8	♂ 16.8 ± 2.8	♂ 17.8 ± 2.4	♂ 20.2 ± 1.8	
		♀ 15.4 ± 2.6	♀ 16.4 ± 2.3	♀ 17.4 ± 2.5	♀ 17.9 ± 2.2	♀ 20.0 ± 1.9		
		♂ 14.8 ± 2.7	♂ 15.5 ± 2.8	♂ 16.7 ± 2.8	♂ 17.9 ± 2.4	♂ 20.1 ± 1.8		
		38	♀ 15.2 ± 2.7	♀ 16.1 ± 2.4	♀ 17.0 ± 2.5	♀ 17.9 ± 2.3	♀ 20.0 ± 1.9	
			♂ 14.5 ± 2.7	♂ 15.6 ± 2.8	♂ 16.9 ± 2.7	♂ 17.9 ± 2.2	♂ 20.1 ± 2.0	
		♀ 15.1 ± 2.7	♀ 16.2 ± 2.3	♀ 17.0 ± 2.5	♀ 18.0 ± 2.3	♀ 20.0 ± 1.9		
		♂ 14.5 ± 2.8	♂ 16.2 ± 2.9	♂ 16.8 ± 2.8	♂ 17.9 ± 2.4	♂ 20.0 ± 2.0		
Meinl et al.	österreichisch	38	♀ 15.4 ± 1.8	♀ 17.8 ± 2.5	♀ 18.4 ± 2.4	♀ 20.3 ± 2.1	♀ 22.9 ± 1.3	2007
		48	♂ 16.1 ± 2.3	♂ 15.6 ± 1.8	♂ 17.5 ± 2.6	♂ 20.1 ± 2.1	♂ 22.4 ± 1.8	
Lee et al.	koreanisch	18	♀ 15.3 ± 1.6	♀ 17.2 ± 2.8	♀ 18.5 ± 2.3	♀ 20.5 ± 2.2	♀ 22.8 ± 1.4	2009
			♂ 14.4 ± 1.7	♂ 15.1 ± 1.6	♂ 17.6 ± 2.0	♂ 20.1 ± 1.9	♂ 22.5 ± 1.8	
		♀ 14.1 ± 1.7	♀ 15.9 ± 1.6	♀ 16.7 ± 1.5	♀ 18.2 ± 1.6	♀ 20.9 ± 1.3		
		♂ 14.3 ± 1.7	♂ 15.9 ± 1.6	♂ 17.5 ± 1.9	♂ 19.2 ± 1.9	♂ 22.3 ± 1.7		
		38	♀ 14.0 ± 1.6	♀ 15.9 ± 1.7	♀ 16.8 ± 1.4	♀ 18.3 ± 1.5	♀ 20.9 ± 1.3	
			♂ 15.0 ± 1.6	♂ 16.4 ± 1.7	♂ 17.6 ± 1.9	♂ 19.5 ± 1.9	♂ 22.4 ± 1.7	
		♀ 14.6 ± 1.5	♀ 16.2 ± 1.7	♀ 16.7 ± 1.4	♀ 18.6 ± 1.6	♀ 21.1 ± 1.2		
		♂ 14.9 ± 1.5	♂ 16.2 ± 1.6	♂ 17.7 ± 1.9	♂ 19.4 ± 1.8	♂ 22.3 ± 1.7		
Kasper et al.	amerikanisch (lateinamerikanischer Ursprung)	18 und 28	♀ 15.2 ± k.A.	♀ 16.4 ± k.A.	♀ 17.0 ± k.A.	♀ 18.0 ± k.A.	♀ 19.6 ± k.A.	2009
			♂ 14.9 ± k.A.	♂ 15.5 ± k.A.	♂ 16.4 ± k.A.	♂ 17.3 ± k.A.	♂ 19.4 ± k.A.	
		♀ 15.4 ± k.A.	♀ 16.5 ± k.A.	♀ 17.4 ± k.A.	♀ 18.4 ± k.A.	♀ 20.1 ± k.A.		
		♂ 14.8 ± k.A.	♂ 15.8 ± k.A.	♂ 16.8 ± k.A.	♂ 17.9 ± k.A.	♂ 19.9 ± k.A.		
Zeng et al.	Chinesisch (Han)	18	♀ 13.8 ± 1.6	♀ 16.1 ± 1.8	♀ 18.2 ± 2.0	♀ 20.8 ± 2.4	♀ 23.3 ± 2.0	2010
			♂ 13.6 ± 1.6	♂ 15.6 ± 1.8	♂ 17.5 ± 1.7	♂ 19.9 ± 2.0	♂ 22.8 ± 2.3	
		♀ 13.8 ± 1.7	♀ 16.2 ± 2.0	♀ 18.2 ± 1.9	♀ 20.9 ± 2.4	♀ 23.3 ± 2.0		
		♂ 13.6 ± 1.6	♂ 15.6 ± 1.8	♂ 17.5 ± 1.7	♂ 19.9 ± 2.0	♂ 22.8 ± 2.3		
		38	♀ 13.7 ± 1.7	♀ 15.9 ± 2.0	♀ 18.0 ± 2.1	♀ 20.6 ± 2.3	♀ 23.4 ± 2.0	
			♂ 13.5 ± 1.5	♂ 15.3 ± 1.7	♂ 17.1 ± 1.6	♂ 19.3 ± 1.8	♂ 22.7 ± 2.3	
		♀ 13.9 ± 1.7	♀ 15.8 ± 1.8	♀ 17.9 ± 2.1	♀ 20.6 ± 2.2	♀ 23.4 ± 2.0		
		♂ 13.5 ± 1.5	♂ 15.1 ± 1.6	♂ 17.1 ± 1.8	♂ 19.3 ± 1.8	♂ 22.7 ± 2.3		

Die Angaben wurden auf eine Stelle nach dem Komma auf- oder abgerundet.

♀ = Frauen ♂ = Männer B. = amerikanische Afroamerikaner (Männer und Frauen)

7.1.2 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. In einigen Studien schließlich wurde der Eruptionsstand der dritten Molaren radiologisch und klinisch bestimmt. Eine durchgängige Systematik in der Diskussion ist daher schwer zu entwickeln. Von besonderem Interesse sind in jedem Fall Studien aus dem afrikanischen Raum, da in verschiedenen Quellen über ausgesprochen frühe Zeitpunkte für den Weisheitszahndurchbruch berichtet wird. 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 in Tabelle 6 dargestellten Ergebnissen.

Tabelle 36: Mittleres Durchbruchsalter der dritten Molaren bei vollständiger und unvollständiger Dentition, getrennt nach Geschlecht und Kiefer (Adler et al. 1962)

	Frauen Oberkiefer	Frauen Unterkiefer	Männer Oberkiefer	Männer Unterkiefer
Mittleres Durchbruchsalter bei vollständiger Dentition (in Jahren)	20,01	19,11	20,02	19,11
Mittleres Durchbruchsalter bei unvollständiger Dentition (in Jahren)	18,08	17,11	18,09	18,06

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

Sillman (1965) gab als mittleres Durchbruchsalter für die dritten Molaren bei weißen Amerikanern jeweils 21,4 Jahre bei Männern und 21,54 Jahre 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 der dritten Molaren erfolgte bei den männlichen Probanden im Mittel in einem Alter von 17,7 (Oberkiefer) bis 18,1 (Unterkiefer) Jahren. Die Standardabweichung betrug 3,9 Jahre. Bei den weiblichen Probanden fand der alveoläre Weisheitszahndurchbruch im Mittel in einem Alter von 17,2 (Oberkiefer) bis 17,7 (Unterkiefer) Jahren statt, die Standardabweichung betrug 6,3 Jahre. Die Weisheitszähne der Frauen zeigten demnach einen um 0,5 (Oberkiefer) bzw. 0,4 (Unterkiefer) Jahre beschleunigten alveolären Durchbruch. Die Oberkieferweisheitszähne brachen bei den männlichen Probanden im Mittel 0,4 Jahre früher durch als die dritten Molaren im Unterkiefer. Hinsichtlich der weiblichen Probanden zeigte sich ein um 0,5 Jahre früherer Durchbruch der Oberkieferweisheitszähne im Vergleich zu den dritten Molaren des Unterkiefers. Seitenunterschiede wurden nicht erfasst. Hinsichtlich der Zulässigkeit der Verwendung von Röntgenaufnahmen zur Beurteilung der Zahneruption verweist die Autorin auf zwei eigene Arbeiten.

Mattila und Haavikko (1969) verglichen die klinische und alveoläre Eruption der ersten 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 zwischen 6 und 13 Jahren 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 5-13-jährigen 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), Schultz (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 bzw. 21,8 Jahren ermittelt. Bei den weiblichen Probanden brachen die Weisheitszähne im Ober- bzw. Unterkiefer mit 23,3 bzw. 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 bzw. weiblichen Probanden ein Medianwert von 22,1 bzw. 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 Kieferseitenasymmetrie 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 7-25 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 bzw. klinischen Durchbruchs der dritten Molaren ein Entwicklungsvorsprung der männlichen gegenüber den weiblichen Probanden in Höhe von 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 bzw. 20,29 Jahre). Es zeigte sich, dass in der Gruppe der 16-jährigen Probanden kein dritter Molar durchgebrochen war und die Präsenz dritter Molaren erstmals bei 17-jährigen 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. Im Rahmen der ersten Untersuchung wurde jeweils ein Orthopantomogramm angefertigt und ein klinischer Eruptionsstatus der unteren dritten Molaren erhoben. Nachfolgend wurden folgende Merkmale radiologisch bestimmt: der Stand der Wurzelentwicklung, der Retentionsstatus (hier wurde unterschieden zwischen Weichgewebsretention, partieller knöcherner Retention und vollständiger knöcherner Retention), die relative Tiefenlage der dritten Molaren (je nach Durchbruchstand wurden verschiedene Level zugeordnet: Okklusalfäche, Zahnhals oder Wurzelbereich der benachbarten zweiten Molaren) und die Relation der Weisheitszähne zum Unterkieferrast und zum zweiten Molaren. Bezüglich des klinischen Status der unteren dritten Molaren wurde zwischen nicht durchgebrochenen Zähnen (diese Zähne hatten die Schleimhaut nicht penetriert), partiell durchgebrochenen Zähnen (hier war die Okklusalfäche teilweise sichtbar) und durchgebrochenen Zähnen (mit einer zumindest vollständig sichtbaren Okklusalfäche) unterschieden. Bei der sechs Jahre später durchgeführten Folgeuntersuchung wurde erneut der Eruptionsstatus erhoben. 67% der dritten Molaren waren bei den Probanden im Alter von nunmehr 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 12-jährigen Beobachtungsphase bei 81 Probanden im Alter von 20-32 Jahren untersucht. Bei jedem der 81 Studenten (32 Männer und 49 Frauen) wurde zum Anfang (mittleres Alter $20,7 \pm 0,5$ Jahre) und zum Ende der Studie (mittleres Alter $32,6 \pm 0,6$ Jahre) eine klinische Untersuchung vorgenommen und ein Orthopantomogramm gefertigt. Beim klinischen Durchbruch der dritten Molaren wurde zwischen „nicht durchgebrochen (nicht sichtbar)“, „teilweise durchgebrochen (Teil der okklusalen Oberfläche sichtbar)“, „durchgebrochen (vollständige okklusale Oberfläche sichtbar)“ und „fehlend (radiologisch bestätigt)“ unterschieden. Zu Beginn der Studie waren 285 Weisheitszähne nicht, teilweise oder vollständig durchgebrochen. Bei der Abschlussuntersuchung konnten noch 150 Weisheitszähne beurteilt werden, von

denen jedoch 115 in die Mundhöhle durchgebrochen waren. Während des 12-jährigen 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%) 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 radiologische Merkmale aufweisen, welche einen späteren Durchbruch oder eine Retention von unteren Weisheitszähnen vorhersagbar machen können.

Rajasuo et al. (1993) verglichen in ihrer Studie die klinische Entwicklung der dritten Molaren bei finnischen Männern mit den Werten von Rantanen et al. (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 20-jährigen; n = 651) und verglichen die Daten mit den von Rantanen untersuchten finnischen Studenten (Anzahl der Weisheitszähne bei den 19- und 20-jährigen; 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 ein Weisheitszahn im Alter von 13 Jahren durchgebrochen.

Chagula (1960) untersuchte die Weisheitszahneruption bei 990 schwarzen männlichen ugandischen Probanden im Alter von 6-26 Jahren. Die Ergebnisse zeigten, dass bei einem schwarzafrikanischen Probanden im Alter von 14 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von eins zu zehn alle vier Weisheitszähne durchgebrochen waren. 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 wurde 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 Kindern europäischer Abstammung zeigten die eingeborenen australischen Kinder einen früheren Durchbruch der überwiegenden Anzahl der untersuchten Zähne. 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 bzw. 1,0 Jahren durch.

Ajmani et al. (1986) untersuchten die Eruption der Weisheitszähne bei 654 männlichen und 584 weiblichen schwarzen Nordnigerianern im Alter von 11-23 Jahren. Der Weisheitszahndurchbruch begann bei den Jungen in einem Alter von 18 Jahren, bei den Mädchen im Alter von 18,5 Jahren. Im Allgemeinen brachen die dritten Molaren bei den Nigerianern zwischen dem 15. und 21. Lebensjahr in die Mundhöhle durch. Bei 5% der untersuchten schwarzen Probanden scheiterte der Weisheitszahndurchbruch. Ferner konnte die Eruption der dritten Molaren auf der linken Kieferseite früher beobachtet werden als auf der rechten Kieferhälfte. Die Unterkieferweisheitszähne 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 11 und 20 Jahren. Die Autoren gaben als Definition des Zahndurchbruchs die Penetration eines Teils der Krone durch die Mundschleimhaut an. Das durchschnittliche Alter bei initialem Weisheitszahndurchbruch lag bei 15 Jahren für männliche und bei 13 Jahren für weibliche Probanden. Der Anteil der durchgebrochenen dritten Molaren erhöhte sich langsam bei beiden Geschlechtern bis zum Alter von 16 Jahren. Danach konnte ein steiler Anstieg bei beiden Geschlechtern registriert werden. Im Alter von 19 Jahren waren alle dritten Molaren bei den männlichen und weiblichen Probanden in die Mundhöhle durchgebrochen. Die dritten Molaren brachen im Unterkiefer signifikant früher als im Oberkiefer 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. Die Gruppe der weiblichen Probanden war statistisch signifikant jünger als die der 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% 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 ($SD=1,66$), alle vier Weisheitszähne waren 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.

Olasoji und Odusanya (2000) haben an 2400 20-jährigen nigerianischen Probanden untersucht, inwieweit die Herkunft der Probanden die Prävalenz des Auftretens von retinierten Weisheitszähnen beeinflusst. Bei 22,8% der 1200 Probanden mit städtischer und bei 3,1% der 1200 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 13-22 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 bei jenen der Gruppe 2 mit 20,5 Jahren durch. Bei den Frauen der Gruppen 1 und 2 erfolgte der gingivale Durchbruch der dritten Molaren im Oberkiefer mit 19,2 bzw. 20,5 Jahren. Die Unterkieferweisheitszähne brachen bei den Männern der Gruppe 1 im Alter von 18,1 und bei Männern 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 bzw. 20,4 Jahren. Demnach betrug der Entwicklungsvorsprung der männlichen und weiblichen Probanden mit Extraktionen im bleibenden Gebiss gegenüber jenen ohne Entfernung von bleibenden Zähnen im

Oberkiefer 1,4, bzw. 1,3 Jahre und im Unterkiefer 1,7 bzw. 1,5 Jahre. Im Vergleich mit den von Chagula (1960) mitgeteilten Daten ergab sich ein Entwicklungsvorsprung der Afrikaner gegenüber den Nordamerikanern (Gruppe 1 und 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 männlichen schwarzen US-Amerikaner einen Entwicklungsvorsprung von 3,9 Jahren, im Unterkiefer von sechs Jahren. Bei den weiblichen schwarzen US-Amerikanern betrug der Eruptionsvorsprung gegenüber den weißen US-Amerikanerinnen 3,4 Jahre für den Ober- und 5,2 Jahre für den Unterkiefer.

In einer Übersichtsarbeit zu Wachstum und Entwicklung in Japan präsentierte Kimura (1984) Mittelwerte für den Zahndurchbruch der dritten Molaren (19,8 Jahre für Männer, 21,0 Jahre für Frauen). Er verglich diese Daten mit den von Fanning (1962) für weiße Nordamerikaner mitgeteilten Werten und kam zu dem Ergebnis, dass die Angaben in enger Übereinstimmung stehen.

Hassanali (1985) verglich die Eruptionszeiten der dritten Molaren von 1343 Afrikanern und 1092 Asiaten kenianischer Abstammung (Alter 13-23 Jahre). Bei den afrikanischen Probanden brachen die Weisheitszähne im Unterkiefer im Median mit 17,6-18,3 Jahren und im Oberkiefer mit 18,5-18,9 Jahren durch. Der Weisheitszahndurchbruch vollzog sich bei den asiatischen Probanden im Unterkiefer im Median mit 19,9-20,3 und im Oberkiefer mit 20,7-21,0 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 setzte der Durchbruch der dritten Molaren im Alter von 15 Jahren ein, 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 0,3-0,4 Jahren auf, während sich die Weisheitszahneruption bei den asiatischen Frauen gegenüber den Männern um 0,3 Jahre verzögert vollzog.

Olze et al. (2007a, 2007b, 2008a, 2008b) haben in breit angelegten Studien 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 (Okklusalfäche 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 1,6-1,8 Jahre früher als die deutschen Frauen. Die japanischen Frauen waren hingegen bei Erreichen der angegebenen Stadien 0,9-3,3 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 3,0-3,2 Jahre jünger als die deutschen Probanden, die japanischen Männer waren hingegen 3,1-4,2 Jahre älter als die südafrikanischen Männer.

7.1.3 Diskussion der eigenen Forschungsergebnisse

Nach Solheim (1988) gehört die **Abrasion** zu den relevanten Altersschätzungsmerkmalen. Die altersgemäße Abnutzung der Zähne ist nach Auffassung des Autors einfach durch klinische Inspektion beurteilbar. Solheim untersuchte die Korrelation zwischen dem Ausmaß der Abrasion und dem Lebensalter in der genannten Untersuchung an insgesamt 1000 Zähnen und konnte nachweisen, dass die zweiten Prämolaren die insgesamt höchste Korrelation zwischen Abrasion und Alter aufwiesen. Rechts/links- oder Geschlechtsunterschiede konnten nicht festgestellt werden. Der Autor empfiehlt das Merkmal Abrasion nicht isoliert für die Altersschätzung zu verwenden und weitere altersrelevante Merkmale im konkreten Fall zu verwenden

Die **Zementapposition** wurde erstmalig von Gustafson (1950) in die Altersschätzungsroutine eingeführt. Dalitz (1962) war der Auffassung, dass dieses Merkmal nicht ausreichend mit dem erreichten Lebensalter assoziiert sei. Johanson (1971) verwendete das Ausmaß der Zementapposition wieder für die Altersschätzungsdiagnostik. Das Wurzelzement wird im Alter von 20 bis 60 Jahren mit einem Maximum am Apex und einem Minimum im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze angelagert (Zander et al. 1958). Die kontinuierliche Anlagerung von Zement kann durch funktionelle Einflüsse, die Okklusion und pathologische Prozesse beeinflusst werden. Parodontal entzündete Zähne weisen eine dünnere Zementschicht auf, als parodontal nicht erkrankte Zähne (Hurzeler 1959). In Funktion befindliche Zähne weisen ebenfalls eine dünnere Zementschicht auf, als außer Funktion stehende Zähne (Azaz et al. 1977). Solheim (1988) konnte feststellen, dass die Zementbildung im apikalen Wurzel Drittel insgesamt etwas stärker ausfiel als am Apex direkt. Insgesamt werde diese Region jedoch am stärksten durch die Abrasion und etwaige kompensatorische Eruption des betreffenden Zahns beeinflusst.

Die Anlagerung von **Sekundärdentin** erfolgt lebenslang im Bereich der gesamten Pulpakammer (Solheim 1992). Die Sekundärdentinbildung beginnt unterhalb der Okklusalfäche und wird maßgeblich von den Kaukräften initiiert (Philippas et al. 1966). Sie steht im unmittelbaren Zusammenhang mit dem erreichten Lebensalter und wird offensichtlich wenig vom Ausmaß der Abrasion beeinflusst (Philippas et al. 1961). Der osmotische Druck scheint das Ausmaß der Sekundärdentinbildung zu beeinflussen (Philippas et al. (1967). Die koronale Sekundärdentinbildung wird somit mehr von äußeren Faktoren beeinflusst, als jene im Bereich der Wurzelpulpa (Solheim 1992). Der Autor konnte herausarbeiten, dass das Ausmaß der Sekundärdentinbildung im Bereich der Kronenpulpa insgesamt mehr von exogenen Prozessen wie Karies oder beispielsweise exponiertem Dentin beeinflusst werden kann, als jene im Bereich der Wurzelpulpa. Daher würde das Ausmaß der Sekundärdentinbildung im Wurzelpulpabereich eine insgesamt höhere Korrelation zum Lebensalter aufweisen, als die Ausdehnung der Sekundärdentinbereiche in der Kronenpulpa. Andere Autoren waren hingegen der Auffassung, dass die Menge des Sekundärdentins im Zervikalbereich der Zähne die höchste Korrelation zum Lebensalter aufweise und dass diese zum Apex hin abnehmen würde (Lantelme et al. 1976). Solheim (1992a) fand bei Prämolaren eine insgesamt geringere Korrelation zwischen Ausmaß der Sekundärdentinbildung und Lebensalter und wertete dies als

Hinweis darauf, dass die Prämolaren eine größere morphologische Variationsbreite aufweisen, als andere Zahngruppen, wobei anzumerken ist, dass Solheim in der zitierten Studie keine Molaren, sondern nur einwurzelige Zähne und Prämolaren untersucht hat. Solheim fand darüber hinaus eine mit zunehmendem Lebensalter sinkende Bildungsrate des Sekundärdentins. Es fanden sich auch keinerlei Hinweise auf eine geschlechtsabhängige Bildungsrate des Sekundärdentins. Solheim schlussfolgerte aus den Ergebnissen seiner Untersuchungen in Übereinstimmung mit Gustafson (1950), Dahlitz (1962) und Johanson (1971), dass das Ausmaß der Sekundärdentinbildung eine bedeutende Rolle in Formeln bezüglich der multiplen Regressionsanalyse zur Altersschätzung spielen würde.

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 Alveolenkortikalis 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 Plaque, die in unmittelbarer Umgebung zu den parodontalen Geweben direkten Einfluss auf diese ausübt. 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 und röntgenologisch durch Taschenbildung ohne bzw. mit Gingivarezession und

Knochenabbau manifest wird (Merte 1990). Referenzbereiche für den Grad des Befestigungsverlustes sind Schmelz-Zement-Grenze und klinischer Taschenfundus bzw. röntgenologische 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 korreliere. 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. Lebensjahres 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 (Rateitschak 2004). So zeigten mehrere kontrollierte Studien bei Rauchern größere Werte klinischer Parameter, wie sondierbare Taschentiefen, Attachment-Verlust, Pusaustritt und Furkationsbefall (Brunnemann und Hoffmann 1981, Bergström und Preber 1994, Brochut und Cimasoni 1997, Salvi et al. 1997, Bergström 2004, Tanaka et al. 2006). 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. 1993). 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. Solheim (1992b) konnte gerade

für Prämolaren eine erhöhte Korrelation zwischen dem Ausmaß des Verlustes der Parodontalgewebe und dem Lebensalter feststellen, empfiehlt jedoch die Beurteilung dieses Merkmal nicht als isoliertes Merkmal zur Altersschätzung zu verwenden. Im Rahmen von multiplen Regressionsanalysen kann dieses Merkmal nach Auffassung des Autors jedoch eine bedeutende Rolle für Lebensaltersschätzungen spielen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können mit den Untersuchungsergebnissen sämtlicher genannter Studien nicht ohne weiteres verglichen werden, da in den genannten Studien Zahnschliffe für die Untersuchungen verwendet worden sind. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, inwieweit die lebensalterassozierten Merkmale Sekundärdentinbildung, Rückgang der Parodontalgewebe, Abrasion, Zementaposition und -Resorption am Orthopantomogramm bestimmbar sind und ob eine sichere Altersdiagnose unter Verwendung dieser Merkmale an einer konventionellen Panoramaschichtaufnahme gelingt. Aus einer Untersuchung von Matsikidis (1981) war bekannt, dass diese Merkmale auf konventionellen Zahnfilmen bestimmbar sind und deren Auswertung eine Schätzung des chronologischen Alters erlaubt. Unter Beachtung bestimmter Ein- und Ausschlusskriterien wurden jeweils die auswertbaren unteren Prämolaren der betreffenden Individuen in die Untersuchungen zur vorliegenden Arbeit einbezogen. Bereits im Rahmen der Voruntersuchungen zeigte sich, dass das Ausmaß der Zementresorption am Orthopantomogramm nicht sicher bestimmbar ist. Für die verbleibenden Merkmale wurden von der Autorin möglichst einfache Stadieneinteilungen mit röntgenologisch möglichst gut abgrenzbaren Stadien entwickelt. Erwartungsgemäß streuten die Mittelwerte und Mediane für die überwiegende Anzahl der Einzelstadien der verschiedenen altersrelevanten Merkmale stark. Daher sollten diese statistischen Maßzahlen nach Auffassung der Autorin auch nicht die Grundlage für Altersbestimmungen bilden.

Einen höheren Aussagewert könnten jedoch die ermittelten Minima für die höheren Stadien der untersuchten Merkmale besitzen. Stadium 2 der Sekundärdentinbildung wurde in der vorliegenden Untersuchung je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 19,6 bis 33,1 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 20,6 bis 26,4 Jahren erreicht. Bedingt durch die Altersstruktur der Stichprobe wurde in keinem Fall ein Stadium 3 festgestellt. Stadium 2 des Merkmals Rückgang der Parodontalgewebe wurde je

nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 20,2 bis 22,7 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 21,0 bis 25,2 Jahren erreicht. Stadium 3 wurde von den weiblichen Probanden lediglich an den Zähnen 34,44 und 45 erreicht. Die Minima reichten hier von 28,3 bis 34,8 Jahren. Bei den männlichen Probanden wurde Stadium 3 von den Zähnen 34, 35 und 44 erreicht. Die Minima reichten hier von 34,0 bis 35,8 Jahren. Stadium 2 der Abrasion wurde je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 21,9 bis 30,4 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 30,3 bis 37,5 Jahren erreicht. Bedingt durch die Altersstruktur der Stichprobe wurde in keinem Fall ein Stadium 3 festgestellt. Stadium 2 der Zementapposition wurde je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 20,2 bis 25,1 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 19,3 bis 26,9 Jahren erreicht.

Hinsichtlich der **Stadieneinteilung**, und hier insbesondere in Bezug auf die Anzahl der verwendeten Stadien für die einzelnen Merkmale, kommt die Autorin der vorliegenden Arbeit zu dem Schluss, dass einer eher reduzierten Stadieneinteilung mit klar abgrenzbaren Stadien der Vorzug gegeben werden sollte. Im Rahmen der Vorversuche war zunächst versucht worden, in Anlehnung an Matsikidis (1981) für jedes einzelne Merkmal insgesamt 7 Stadien zu unterteilen. Zumindest am Orthopantomogramm war dieses Vorgehen wegen der eingeschränkten Differenzierbarkeit nicht umsetzbar. So orientieren sich die in der vorliegenden Arbeit letztlich verwendeten Stadieneinteilungen eher an der ursprünglich von Matsikidis verwendeten Stadienanzahl. Während Matsikidis es bei der Beschreibung der jeweiligen Stadien bei einer rein bildlichen Darstellung belassen hatte, vervollständigte die Autorin die selbst entworfenen Strichzeichnungen durch eine exakte verbale Beschreibung des jeweiligen Stadiums.

Im Unterschied zu Matsikidis (1981), welcher einen Gesamtscore unter Erfassung aller auswertbarer Einzelmerkmale für das jeweilige Gesamtgebiss unter Einbeziehung aller Zahngruppen ermittelt hatte, wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zunächst lediglich die isolierten Einzelmerkmale hinsichtlich Ihrer Lebensalterassoziation untersucht. Wegen der zu erwartenden aufnahmebedingten Projektion der Wirbelsäule auf die Frontzahnregion wurden die Unterkiefer-Prämolaren als überwiegend einwurzelige und einzig geeignete Zahngruppe in die Untersuchung einbezogen. Wegen der potentiellen Überlagerung der einzelnen

Wurzeln bzw. Wurzelkanäle der Molaren hatte bereits Matsikidis (1981) von der Beurteilung dieser Zähne weitgehend abgeraten.

7.2 Zur Möglichkeit der Abgrenzung der Erreichung des 18. Lebensjahres

Nach Beendigung der Zahnentwicklung stellte die Methode von Kvaal et al. (1995) für mittlere bis höhere Lebensalter eine bewährte und nach Kenntnis der Autorin lange Zeit die 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 in 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 abgeschlossene Ossifikation der Handwurzelknochen betragen für Männer 16,7 und für Frauen 17,1 Jahre (Schmeling et al. 2006b). Die einzige Möglichkeit des Ausschlusses eines unter 18 Jahren liegenden Lebensalters besteht bislang in der radiologischen Untersuchung der Ossifikation der Claviculaepiphysenfuge (Schmeling 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.

Hinsichtlich der Abgrenzung der Vollendung des 18. Lebensjahres mit Hilfe von zahnärztlichen Untersuchungsmethoden liegen zwischenzeitlich neuere Untersuchungsergebnisse vor.

Olze et al. (2010a, 2010b) haben untersucht, inwieweit nach Erreichen des Stadiums H nach Demirjian et al (1973), also nach dem Abschluss der Mineralisation der Wurzeln der dritten Molaren, weitere Reifeprozesse abgrenzbar sind. Zur Untersuchung kamen die Merkmale Sichtbarkeit des Parodontalspalts und Sichtbarkeit der Wurzelkanäle der dritten Molaren. Für die untersuchten Merkmale wurden Stadieneinteilungen vorgenommen. Von Olze et al. (2010a) wurde anhand der vollständig ausgebildeten Zähne 38 und 48 auf 1198 Orthopantomogrammen von Probanden im Alter von 15-40 Jahren die Sichtbarkeit der Wurzelkanäle gemäß einer neu geschaffenen Einteilung bewertet (Abbildung 14). Die Minima für das Stadium W0 lagen für die Zähne 38 und 48 im Bereich von 17,6 Jahren für männliche Probanden und im Bereich von 17,2 Jahren bei weiblichen Probanden. Die Minima für das Stadium W1 lagen bei den männlichen Probanden im Bereich von 21,0-22,4 und bei den weiblichen Probanden im Bereich von 21,6-21,9 Jahren. Der früheste Zeitpunkt, in dem das Stadium W2 auftrat lag im Bereich von 22,3-22,7 Jahren für männliche und im Bereich von 23,4-24,7 Jahren für weibliche Probanden. Die Minima für das Stadium W3 lagen 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. Die Autoren schlussfolgerten, dass bei Vorliegen des Stadiums W0 keine eindeutige Abgrenzung des 18. Lebensjahres möglich sei, jedoch bei Vorliegen des Stadiums W1 eine sichere Abgrenzung des 18. Lebensjahres vorgenommen werden kann. Insbesondere das Erreichen der Stadien W2 und W3 ermögliche für beide Geschlechter mit hoher Wahrscheinlichkeit die Abgrenzung des 21. Lebensjahres.

Olze et al. (2010b) untersuchten 1198 Orthopantomogramme von Probanden der Altersgruppe 15-40 Jahre hinsichtlich der Sichtbarkeit des Parodontalspaltes von vollständig mineralisierten Zähnen 38 und 48 gemäß der in Tabelle 8 beschriebenen Einteilung. Die frühesten Zeitpunkte beim Erreichen der einzelnen Stadien sind nachfolgend beschrieben: Stadium P0 wurde von weiblichen Probanden zuerst im Alter von 17,2 Jahren, von männlichen im Alter von 17,6 Jahren erreicht. Stadium P1 wurde frühestens im Alter von 18,9-20,0 Jahren (weibliche Probanden) und 20,1-20,2 Jahren (männliche Probanden) erreicht, im Stadium P2 waren die jüngsten Frauen

zwischen 22,5-23,1 Jahre alt, die Männer waren 22,3 Jahre alt. Stadium P3 trat bei den weiblichen Probanden erst im Alter von 24,6-25,2 Jahren und bei männlichen Probanden zwischen 25,4 und 26,2 Jahren auf. Die Autoren schlussfolgern, dass bei Vorliegen des Stadiums P0 eine Abgrenzung des 18. Lebensjahres nicht möglich sei. Bei Vorliegen der Stadien P1-P3 sei dagegen eine sichere Abgrenzung des 18. Lebensjahres möglich. Insbesondere das Erreichen der Stadien P2 und P3 ermögliche nach Auffassung der Autoren mit hoher Wahrscheinlichkeit die Abgrenzung des 21. Lebensjahres. Insgesamt sei jedoch nach Auffassung von Olze et al. (2010a, 2010b) Zurückhaltung hinsichtlich der möglichen Abgrenzung des 21. Lebensjahres geboten. Die Abgrenzung der Vollendung des 18. Lebensjahres gelinge mit beiden Methoden bei Erreichen der entsprechenden Stadien jedoch mit der nötigen statistischen Sicherheit. Von Olze et al. (2010a, 2010b) waren Orthopantomogramme von 15-40-jährigen Probanden in die Studie eingeschlossen worden. Die Autoren merken an, dass, wenn beispielsweise bis zu 50-jährige Probanden eingeschlossen worden wären, dies zu einer Erhöhung der Medianwerte in den späteren Stadien, nicht jedoch zu einer Anhebung der Minima geführt hätte. Jede Altersgruppe bestand aus Aufnahmen von je 20 weiblichen und männlichen Probanden. Eine Erhöhung der Fallzahl hätte vermutlich eine Erhöhung der Aussagesicherheit begünstigt. Da jedoch prospektive röntgenologische Studien nach Maßgabe der Röntgenschutzverordnung nicht durchführbar seien, waren die Autoren auf retrospektiv zur Verfügung stehende Aufnahmen angewiesen. Nach Auffassung der Autoren 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 konnten daher auch nur Vermutungen angestellt werden. Die zunehmende Unsichtbarkeit der Wurzelkanäle bzw. des Parodontalspalts der untersuchten dritten Molaren sei nach Auffassung der Autoren als vorrangig optisches Phänomen zu klassifizieren. Die Arbeitsgruppe war der Überzeugung, dass sich die Wurzelkanäle bzw. der Parodontalspalt mit zunehmendem Lebensalter nicht wirklich völlig schließen würden. Vielmehr komme 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 ursprünglich im Parodontalspalt vorhandenen Raum ebenfalls zunehmend einengen (Solheim 1992). Die im Strahlengang befindlichen knöchernen Strukturen schienen ausschließlich in der Region der dritten Molaren die dargestellten Phänomene zu erzeugen. Im Unterkiefer schien die in der Linea obliqua mandibularis befindliche Knochenmasse die dargestellten Effekte zu erzeugen. Im Oberkiefer würde die radiologische Überlagerung der zu untersuchenden dritten Molaren durch den Jochbogen in überproportional vielen Fällen dazu führen, dass die Bilder nicht auswertbar wären. Die Einteilung und Definition von Stadien für die beobachteten Phänomene gelang nicht ohne Schwierigkeiten. Die Autoren waren der Auffassung, dass die vorgenommene Stadieneinteilung am anschaulichsten die altersabhängigen Vorgänge beschreiben würde.

Hinsichtlich der möglichen Schlussfolgerung, in Anwendung der Ergebnisse der vorliegenden Studie eine Abgrenzung des 18. Lebensjahrs vornehmen zu können, ist nach Auffassung der Autorin Zurückhaltung geboten. Die für die einzelnen untersuchten Merkmale ermittelten Minima für die höheren Stadien scheinen eine Abgrenzung des 18. Lebensjahrs zu ermöglichen. Im Rahmen von multiplen Regressionsanalysen sollte untersucht werden, inwieweit eine Merkmalskombination eine sicherere Altersdiagnose erlauben könnte. Insofern besteht weiterer Forschungsbedarf.

8 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Klärung der Fragestellung leisten, ob über die Einbeziehung der Beurteilung lebensalterassoziierter Merkmale, wie der Sekundärdentinanlagerung im Pulpencavum, der Verschiebung der Parodontalgewebe, der Abrasion, sowie der Zementapposition und -resorption am Orthopantomogramm eine Abgrenzung der Erreichung des 18. Lebensjahres gelingt.

Zur Untersuchung kamen 1299 konventionell erstellte Orthopantomogramme von 650 weiblichen und 649 männlichen Deutschen im Alter von 15-40 Jahren, welche im Zeitraum von 1987 bis 2008 erstellt worden waren.

Aus einer Untersuchung von Matsikidis (1981) war bekannt, dass diese Merkmale auf konventionellen Zahnfilmen bestimmbar sind und deren Auswertung eine Schätzung des chronologischen Alters erlaubt. Unter Beachtung genau definierter Ein- und Ausschlusskriterien wurden jeweils die auswertbaren unteren Prämolaren der betreffenden Individuen in die Untersuchungen zur vorliegenden Arbeit einbezogen. Bereits im Rahmen der Voruntersuchungen zeigte sich, dass das Ausmaß der Zementresorption am Orthopantomogramm nicht sicher bestimmbar ist.

Für die verbleibenden Merkmale wurden von der Autorin möglichst einfache Stadieneinteilungen mit röntgenologisch möglichst gut abgrenzbaren Stadien entwickelt. Erwartungsgemäß streuten die Mittelwerte und Mediane für die überwiegende Anzahl der Einzelstadien der verschiedenen altersrelevanten Merkmale stärker. Daher sollten diese statistischen Maßzahlen nach Auffassung der Autorin auch nicht die Grundlage für Altersbestimmungen bilden.

Einen höheren Aussagewert könnten jedoch die ermittelten Minima für die höheren Stadien der untersuchten Merkmale besitzen. Stadium 2 der Sekundärdentinbildung wurde in der vorliegenden Untersuchung je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 19,6 bis 33,1 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 20,6 bis 26,4 Jahren erreicht. Bedingt durch die Altersstruktur der Stichprobe wurde in keinem Fall ein Stadium 3 festgestellt. Stadium 2 des Merkmals Rückgang der Parodontalgewebe wurde je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 20,2 bis 22,7 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 21,0 bis 25,2 Jahren erreicht. Stadium 3 wurde von den weiblichen Probanden lediglich an den Zähnen 34,44 und 45 erreicht. Die Minima reichten hier von 28,3 bis

34,8 Jahren. Bei den männlichen Probanden wurde Stadium 3 von den Zähnen 34, 35 und 44 erreicht. Die Minima reichten hier von 34,0 bis 35,8 Jahren. Stadium 2 der Abrasion wurde je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 21,9 bis 30,4 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 30,3 bis 37,5 Jahren erreicht. Bedingt durch die Altersstruktur der Stichprobe wurde in keinem Fall ein Stadium 3 festgestellt. Stadium 2 der Zementapposition wurde je nach untersuchtem Zahn bei den weiblichen Probanden in einem Mindestalter von 20,2 bis 25,1 Jahren und bei den männlichen Probanden in einem Mindestalter von 19,3 bis 26,9 Jahren erreicht.

Hinsichtlich der Schlussfolgerung, unter Verwendung der Ergebnisse der vorliegenden Studie eine Abgrenzung des 18. Lebensjahrs vornehmen zu können, ist nach Auffassung der Autorin Zurückhaltung geboten. Die für die einzelnen untersuchten Merkmale ermittelten Minima für die höheren Stadien scheinen eine Abgrenzung des 18. Lebensjahrs zu ermöglichen. Im Rahmen von multiplen Regressionsanalysen sollte untersucht werden, inwieweit eine Merkmalskombination eine sicherere Altersdiagnose erlauben könnte. Insofern besteht weiterer Forschungsbedarf.

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. Arany S, Lino M, Yoshioka N (2004) Radiographic survey of third molar development in relation to chronological age among Japanese juveniles. *J Forensic Sci* 49(3): 534-8
4. Archer WH (1955) *Die Chirurgie des Mundes und der Zähne*. Medica, Stuttgart
5. Azaz B, Michaeli Y, Nitzan D (1977) Aging of tissues of the roots of nonfunctional human teeth (impacted canines). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 43: 572-8
6. Bang G, Ramm E (1970) Determination of age in humans from root dentin transparency. *Acta Odont Scand* 28: 3-35
7. Bergström J, Preber H (1994) Tobacco use as a risk factor. *J Periodontol* 65: 545-550
8. Bergström J (2004) Tobacco smoking and chronic destructive periodontal disease. *Odontology* 92 (1): 1-8
9. Blankenship JA, Mincer HH, Anderson KM, Woods MA, Burton EL (2007) Third molar development in the estimation of chronologic age in American blacks as compared with whites. *J Forensic Sci* 52(2): 428-33
10. Bolaños MV, Moussa H, Manrique MC, Bolaños MJ (2003) Radiographic evaluation of third molar development in Spanish children and young people. *Forensic Sci Int* 133(3): 212-9
11. Braga J, Heuze Y, Chabadel O, Sonan NK, Gueramy A (2005) Non-adult dental age assessment: correspondence analysis and linear regression versus Bayesian predictions. *Int J Legal Med* 119(5): 260-74
12. Brochut PF, Cimasoni G (1997) Auswirkungen des Rauchens auf das Parodont. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 107 (8): 672-686
13. Brown KA (1986) Forensic aspects of community dentistry. *Ann Acad Med Singapore* 15: 414-417

14. Brunnemann KD, Hoffmann D (1981) Assessment of the carcinogenic N-nitrosodiethanolamine in tobacco products and tobacco smoke. *Carcinogenesis* 2: 1123-1127
15. Burke FM, Samarawickrama D (1995) Progressive changes in the pulp-dentinal complex and their clinical consequences. *Gerodontology* 12:57-66
16. Burns KR, Maples WR (1976) Estimation of age from individual adult teeth. *J Forensic Sci* 21: 343-356
17. Cameriere R, Ferrante L, Cingolani M (2006) Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *Int J Legal Med* 120(1): 49-52
18. 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 Sci Int* 193(1-3): 128
19. Chagula WK (1960) The age at eruption of third permanent molars in male East Africans. *Am J Phys Anthropol* 18: 77-82
20. Chen J, Hu H, Guo J, Liu Z, Liu R, Li F, Zou S (2010) Correlation between dental maturity and cervical vertebral maturity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 110(6): 777-83
21. Coolidge ED (1937) The thickness of the human periodontal membrane. *J Am Dent Assoc* 24:1260
22. Daito M, Tanaka T, Hieda T (1992) Clinical observations on the development of third molars. *J Osaka Dent Univ* 26(2): 91-104
23. Dalitz G D (1962) Age determination of human remains by teeth examination. *J Forensic Sci* 3: 11-21
24. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM (1973) A new system of dental age assessment. *Hum Biol* 45(2): 211-27
25. Demirjian A (1986) Dentition. In: Falkner F, Tanner JM, eds. *Human growth*. New York: Academic Press: 269-298
26. De Salvia A, Calzetta C, Orrico M, De Leo D (2004) Third mandibular molar radiological development as an indicator of chronological age in a European population. *Forensic Sci Int* 146 Suppl: 9-12
27. 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*

28. Dünkel F, van Kalmthout A, Schüler-Springorum H (Hrsg.) (1997) Entwicklungstendenzen und Reformstrategien im Jugendstrafrecht im europäischen Vergleich. Forum Verlag Godesberg
29. Fanning EA (1962) Third molar emergence in Bostonians. Am J Phys Anthropol 20: 339-346
30. Fleiss JL (1981) Statistical Methods for Rates and Proportions. J Wiley, New York
31. Flores-De-Jacobi L (1987) Parodontologie. In: Schwenzer N (Hrsg) Zahn-Mund-Kieferheilkunde (Band 5). Georg Thieme, Stuttgart New York: 232-349
32. Garn SM, Wertheimer F, Sandusky ST, Mc Cann MB (1972) Advanced tooth emergence in Negro individuals. J Dent Res 51(5): 1506
33. Geserick G, Reisinger W, Schmeling A, Olze A (2002) Forensische Altersdiagnostik. In: Sösemann B (Hrsg.) Jahrbuch 2001 der Berliner Wissenschaftlichen Gesellschaft. Berlin: Berlin Verlag, Arno Spitz GmbH: 95-105
34. Gleiser I, Hunt E (1955) The permanent first molar: its calcification, eruption and decay. Am J Phys Anthropol 13: 253-84
35. Gorgani N, Sullivan RE, DuBois L (1990) A radiographic investigation of third-molar development. ASDC J Dent Child 57(2): 106-10
36. Greulich WW, Pyle SI (1959) Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Second Edition. Stanford Univ Press, California
37. Gunst K, Mesotten K, Carbonez A, Willems G (2003) Third molar root development in relation to chronological age: a large sample sized retrospective study. Forensic Sci Int 136(1-3): 52-7
38. Gustafson G (1947) Åldersbestämningar på tänder. Odont Tidskr 55: 556-568
39. Gustafson G (1950) Age determination on teeth. J Am Dent Assoc 41:45-54
40. Gustafson G (1955) Altersbestimmung an Zähnen. Deutsch Zahnärztl Z 10:1763-1768
41. Gustafson G, Koch G (1974) Age estimation up to 16 years of age based on dental development. Odontol Revy 25(3): 297-306
42. Haavikko K (1970) The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. An orthopantomographic study. Suom Hammaslaak Toim 66(3): 103-70

43. 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(4): 190-5
44. Hägg U, Matsson L (1985) Dental maturity as an indicator of chronological age: the accuracy and precision of three methods. *Eur J Orthod* 7(1): 25-34
45. Harris MJ, Nortjé CJ (1984) The mesial root of the third mandibular molar. A possible indicator of age. *J Forensic Odontostomatol* 2(2): 39-43
46. Harris EF, McKee JH (1990) Tooth mineralisation standards for Blacks and Whites from the Middle Southern United States. *J Forensic Sci* 35: 859-872
47. Hassanali J (1985) The third permanent molar eruption in Kenyan Africans and Asians. *Ann Hum Biol* 12: 517-523
48. Heisig K (2010) *Das Ende der Geduld*. Herder Verlag
49. Hennig T (1989) Überprüfung der Möglichkeit der Altersbestimmung an Einzelzähnen mittels Wurzelidentintransparenz bei einer Population aus dem 10. bis 12. Jahrhundert. *Med Diss Berlin*
50. Hurzeler B, Zander HA (1959) Cementum apposition in periodontally diseased teeth. *Helv Odontol Acta* 3: 1-3
51. Johanson G (1971) Age determination from human teeth. Thesis. *Odont Revy* 22, Suppl. 21:1-126
52. Kaatsch HJ (2001) Juristische Aspekte der Altersschätzung. In: Oehmichen M, Geserick G: (Hrsg.): *Osteologische Identifikation und Altersschätzung*. Schmidt- Römhild (Lübeck) 243-254
53. Kahl B, Schwarze CW (1988) Aktualisierung der Dentitionstabelle von I Schour und M Massler von 1941. *Fortschr Kieferorthop* 49: 432-443
54. Kasper KA, Austin D, Kvanli AH, Rios TR, Senn DR (2009) Reliability of third molar development for age estimation in a Texas Hispanic population: a comparison study. *J Forensic Sci* 54(3): 651-7
55. Kellinghaus M, Schulz R, Vieth V, Schmidt S, Schmeling A (2009) 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
56. Kimura K (1984) Studies on growth and development in Japan. *Yearb Phys Anthropol* 27: 179-214

57. Knell B, Ruhstaller P, Prieels F, Schmelting A (2009) Dental age diagnostics by means of radiographic evaluation of the growth stages of lower wisdom teeth. *Int J Legal Med* 123(6): 465-9
58. Köhler S, Schmelzle R, Loitz C, Püschel K (1994) Die Entwicklung des Weisheitszahnes als Kriterium der Lebensalterbestimmung. *Ann Anat* 176(4): 339-45
59. 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
60. Krumholt L, Roed-Petersen B, Pindborg JJ (1971) Eruption times of the permanent teeth in 622 Ugandan children. *Arch Oral Biol* 16: 1281-1288
61. Kullman L, Johanson G, Akesson L (1992) Root development of the lower third molar and its relation to chronological age. *Swed Dent J* 16(4): 161-7
62. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T (1995) Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Sci Int* 74(3): 175-85
63. Landa MI, Garamendi PM, Botella MC, Alemán I (2009) Application of the method of Kvaal et al. to digital orthopantomograms. *Int J Legal Med* 123(2): 123-8
64. Lang NP, Löe H (1993) Clinical management of periodontal diseases. *Periodontol* 2000 2: 128-39
65. Lantelme RL, Handelman SL, Herbison RJ (1976) Dentin formation in periodontally diseased teeth. *J Dent Res* 55: 48-51
66. Lee SH, Lee JY, Park HK, Kim YK (2009) Development of third molars in Korean juveniles and adolescents. *Forensic Sci Int* 188(1-3): 107-11
67. Levesque GY, Demirjian A, Tanguay R (1981) Sexual dimorphism in the development, emergence, and agenesis of the mandibular third molar. *J Dent Res* 60: 1735-41
68. Liebrecht S (2002) Stop smoking. *J Prophylaxe Impuls* 2: 73-75
69. Maples WR (1978) An improved technique using dental histology for estimation of adult age. *J forensic Sci* 23: 764-770
70. Maples WR, Rice PM (1979) Some difficulties in the Gustafson dental age estimations. *J Forensic Sci* 24: 168-72
71. Marshall WA, Tanner JM (1969) Variations in the pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 44: 291-203

72. Marshall WA, Tanner JM (1970) Variations in the pattern of pubertal changes in boys. Arch Dis Child 45: 13-23
73. Matsikidis G (1981) Altersbestimmung aus Zahnfilmen. Med Diss Heidelberg
74. Mattila K, Haavikko K (1969) The correspondence between the orthopantomographic and the clinical appearance of an erupting tooth (first molar). Odontol Tidskr 77: 39-45
75. Meinel A, Tangl S, Huber C, Maurer B, Watzek G (2007) The chronology of third molar mineralization in the Austrian population - a contribution to forensic age estimation. Forensic Sci Int 169(2-3): 161-7
76. Merte K (Hrsg) (1992) Parodontologie für die Praxis. Johann Ambrosius Barth, Leipzig Berlin Heidelberg
77. 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(2): 379-90
78. Moorrees CFA, Fanning E, Hunt E (1963) Age variation of formation stages for ten permanent teeth. J Dent Res 42: 1490-502
79. Mörnstad H, Reventlid M, Teivens A (1995) The validity of four methods for age determination by teeth in Swedish children: a multicentre study. Swed Dent J 19(4): 121-30
80. 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
81. Müller HR (1983) Eine Studie über die Inkonstanz des dritten Molaren (Fehlen, Anlage, Durchbruch). Diss Dresden
82. Nitzan DW, Michaeli Y, Weinreb M, Azaz B (1986) The effect of aging on tooth morphology: a study of impacted teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 61: 54-60
83. Nolla CM (1960) The development of the permanent teeth. J Dent Child 27: 254-263
84. Odusanya SA, Abayomi IO (1991) Third molar eruption among rural Nigerians. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 71: 151-154
85. Olasoji HO, Odusanya SA (2000) Comparative study of third molar impaction in rural and urban areas of South-Western Nigeria. Odontostomatol Trop 23: 8-25

86. Olze A, Schmeling A, Rieger K, Kalb G, Geserick G (2003) Studies on the chronology of third molar mineralization in a German population. *Rechtsmedizin* 13: 5-10
87. 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
88. 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
89. 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
90. 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
91. Olze A, Bilanz D, Schmidt S, Wernecke KD, Geserick G, Schmeling A (2005) Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *Int J Legal Med* 119(1): 22-6
92. Olze A, van Niekerk P, Schulz R, Schmeling A (2007a) Studies of the chronological course of wisdom tooth eruption in a Black African population. *J Forensic Sci* 52(5): 1161-3
93. Olze A, van Niekerk P, Ishikawa T, Zhu BL, Schulz R, Maeda H, Schmeling A (2007b) Comparative study on the effect of ethnicity on wisdom tooth eruption. *Int J Legal Med* 121(6): 445-8
94. Olze A, Peschke C, Schulz R, Schmeling A (2008a) Studies of the chronological course of wisdom tooth eruption in a German population. *Forensic Leg Med* 15(7): 426-9
95. Olze A, Ishikawa T, Zhu BL, Schulz R, Heinecke A, Maeda H, Schmeling A (2008b) Studies of the chronological course of wisdom tooth eruption in a Japanese population. *Forensic Sci Int* 174(2-3): 203-6
96. Olze A, Solheim T, Schulz R, Kupfer M, Schmeling A (2010a) 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

97. Olze A, Solheim T, Schulz R, Kupfer M, Pfeiffer H, Schmelting A (2010b) Assessment of the radiographic visibility of the periodontal ligament in the lower third molars for the purpose of forensic age estimation in living individuals. *Int J Legal Med* 124(5): 445-8
98. Orhan K, Ozer L, Orhan AI, Dogan S, Paksoy CS (2007) Radiographic evaluation of third molar development in relation to chronological age among Turkish children and youth. *Forensic Sci Int* 165(1): 46-51
99. 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
100. 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* 119(1): 27-30
101. Philippas GG (1961) Influence of occlusal wear and age on the formation of dentin and size of pulp chamber. *J Dent Res* 40: 1186-98
102. Philippas GG, Applebaum E (1967) Age changes in the permanent upper lateral incisor. *J Dent Res* 46: 1002-9
103. Pöyry M, Nyström M, Ranta R (1986) Comparison of two tooth formation rating methods. *Proc Finn Dent Soc* 82(3): 127-33
104. Prieto JL, Barbería E, Ortega R, Magaña C (2005) Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int J Legal Med* 119(6): 349-54
105. Rajasuo A, Murtomaa H, Meurman JH (1993) Comparison of the clinical status of third molars in young men in 1949 and in 1990. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 76: 694-698
106. Rantanen AV (1967) The age of eruption of the third molar teeth. *Acta Odontol Scand* 25 Suppl: 1-86
107. Rateitschak H, Rateitschak EM, Wolf HF (Hrsg.) (2004) *Parodontologie*. Georg Thieme, Stuttgart New York
108. Reichart PA (2000) Primärprävention des Mundhöhlenkarzinoms und oraler Präkanzerosen. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4(6): 357-64
109. 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

110. Salvi GE, Lawrence HP, Offenbacher S, Beck JD (1997) Influence of risk factors on the pathogenesis of periodontitis. *Periodontol* 2000 14: 173-201
111. Saunders M (1965) Dental factors in age determination. *Med Sci Law* 5: 34-37
112. 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
113. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G (2001b) Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *Lancet* 358: 89-90
114. Schmeling A, Schulz R, Reisinger W, Mühler M, Wernecke KD, Geserick G (2004) Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *Int J Legal Med* 118(1): 5-8
115. Schmeling A, Reisinger W, Geserick G, Olze A (2006) Age estimation of unaccompanied minors. Part I. General considerations. *Forensic Sci Int* 159 Suppl 1: S61-4
116. Schmeling A, Baumann U, Schmidt S, Wernecke KD, Reisinger W (2006) Reference data for the Thiemann-Nitz method of assessing skeletal age for the purpose of forensic age estimation. *Int J Legal Med* 120(1): 1-4
117. Schmidt S, Koch B, Schulz R, Reisinger W, Schmeling A (2008a) Studies in use of the Greulich-Pyle skeletal age method to assess criminal liability. *Leg Med (Tokyo)* 10(4): 190-5
118. Schmidt S, Nitz I, Schulz R, Schmeling A (2008b) Applicability of the skeletal age determination method of Tanner and Whitehouse for forensic age diagnostics. *Int J Legal Med* 122(4): 309-14
119. 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
120. Schulz R, Mühler M, Reisinger W, Schmidt S, Schmeling A (2008) Radiographic staging of ossification of the medial clavicular epiphysis. *Int J Legal Med* 122(1): 55-8
121. Shourie KL (1946) Eruption age of teeth in India. *Ind J Med Res* 34: 105-18
122. Siegel, S (1956) *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences* McGraw-Hill Book Company, Inc., New York
123. Sillman JH (1965) Some aspects of individual dental development: longitudinal study from birth to 25 years. *Am J Orthod* 51: 1-25

124. Sisman Y, Uysal T, Yagmur F, Ramoglu SI (2007) Third-molar development in relation to chronologic age in Turkish children and young adults. *Angle Orthod* 77(6): 1040-5
125. Solari AC, Abramovitch K (2002) The accuracy and precision of third molar development as an indicator of chronological age in Hispanics. *J Forensic Sci* 47(3): 531-5
126. Solheim T (1988a) Dental Colour as an indicator of age. *Gerodontology* 4: 114-118
127. Solheim T (1988b) Dental attrition as an indicator of age. *Gerodontology* 4: 299-304
128. Solheim T (1989) Dental root translucency as an indicator of age. *Scand J Dent Res* 97: 189-97
129. Solheim T (1990): Dental cementum apposition as an indicator of age: *Scand J Dent Res* 98: 510-9
130. Solheim T (1992a) Amount of secondary dentin as an indicator of age. *Scand J Dent Res* 100(4): 193-9
131. Solheim T (1992b) Recession of periodontal ligament as an indicator of age. *J Forensic Odontostomatol* 10: 32-42
132. Solheim T (1993a) Dental root surface structure as an indicator of age. *J Forensic Odontostomatol* 11 (1): 9-21
133. Solheim T (1993b) A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Sci Int* 59: 137-147
134. Staaf V, Mörnstad H, Welander U (1991) Age estimation based on tooth development: a test of reliability and validity. *Scand J Dent Res* 99(4): 281-6
135. Tanaka H, Tanabe N, Shoji M, Suzuki N, Katono T, Sato S, Motohashi M, Maeno M (2006) Nicotine and lipopolysaccharide stimulate the formation of osteoclast-like cells by increasing macrophage colony-stimulating factor and Prostaglandin E(2) production by osteoblasts. *Life Sci* 78(15): 1733-40
136. Tanner JM (1962) *Wachstum und Reifung des Menschen*. Thieme Stuttgart
137. Thiemann HH, Nitz I (1986, 1991) *Röntgenatlas der normalen Hand im Kindesalter*. Thieme Leipzig Stuttgart New York
138. Tschechne S, Müller B, Dibbets J (2008) Sagittal space relations in the maxilla during molar eruption. *J Orofac Orthop* 69(2): 94-8

139. 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
140. Ventä 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
141. Ventä 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
142. Ventä I, Ylipaavalniemi P, Turtola L (2004) Clinical Outcome of Third Molars in Adults Followed during 18 Years. *J Oral Maxillofac Surg* 62: 182-185
143. Wernecke KD (1995) *Angewandte Statistik für die Praxis*. Addison-Wesley, Bonn, Paris
144. 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(9): 377-84
145. Wolf H, Haunfelder D (1960) *Zahnärztliche Mundchirurgie für Studierende der Zahnheilkunde*. Berlinische Verlagsanstalt, Berlin, Vol. 5: 59-67
146. Zander HA, Hurzeler B (1958) Continuous cementum apposition. *J Dent Res* 37: 1035-44
147. Zeng DL, Wu ZL, Cui MY (2010) Chronological age estimation of third molar mineralization of Han in southern China. *Int J Legal Med*. 124(2): 119-23
148. Zuhrt R (1991) Biologische Aspekte der Endodontie im höheren Erwachsenenalter. *Dtsch Stomatol* 41: 4-10

10 Eidesstattliche Erklärung

„Ich, Julia Hertel, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Untersuchungen zur Eignung ausgewählter lebensalterassoziierter Merkmale hinsichtlich der forensischen Altersdiagnostik am Orthopantomogramm“, 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

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. dent. Andreas Olze. Vor allem sein Engagement, seine unermüdliche Förderung dieser Arbeit und seine Unterstützung mit umfangreichem Fachwissen waren stets Motivation und Ansporn für mich. Außerdem danke ich ihm für die Bereitstellung des Themas und der Orthopantomogramme.

Für seine Unterstützung bei statistischen Fragestellungen danke ich Herrn Dr. med. Ronald Schulz.

Den Praxen Dr. Dr. med. Peter Gorenflos und Kollegen sowie Dr. Grit Buder danke ich herzlich für die Überlassung von zusätzlichen Orthopantomogrammen.

Ebenso danke ich meinen Eltern und meiner Schwester Sophie für die motivierenden und konstruktiven Gespräche.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinem Freund Daniel bedanken, der mich auch mit seinen Excel-Kenntnissen unterstützt und mir so die Arbeit bedeutend erleichtert hat.