

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Klinik und
Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Direktor: Univ. - Prof. Dr. Dr. Max Heiland

Bestimmung des Patientenalters hinsichtlich der juristisch relevanten Volljährigkeit anhand röntgenologischer Untersuchungen der unteren Weisheitszähne

Dissertation

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

An der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von

Kirsten Schmidt
aus Rostock / Mecklenburg – Vorpommern
Hamburg 2014

Angenommen von der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 04.12.2015

Veröffentlicht mit Genehmigung der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. Dr. Reinhard Friedrich

Prüfungsausschuss, zweiter Gutachter: Prof. Dr. Klaus Püschel

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	8
1.1. Aufgabenstellung	9
2. Erfassung des wissenschaftlichen Umfeldes	10
2.1. Forensische Altersdiagnostik bei Lebenden	10
2.2. Untersuchungsmethoden zur Altersbestimmung an Zähnen	16
2.2.1. Klinische Methoden zur Altersbestimmung an Zähnen	16
2.2.1.1. Der Abrasionsgrad des Gebisses	16
2.2.1.2. Der Zahndurchbruch unter besonderer Berücksichtigung der Weisheitszähne	17
2.2.1.3. Das Wurzelwachstum der Weisheitszähne	20
2.2.1.4. Der Index der koronalen Pulpenkavität	22
2.2.1.5. Die Anzahl fehlender Zähne	22
2.2.1.6. Die Anzahl konservierend versorgter bzw. kariöser Zähne	23
2.2.1.7. Die Anzahl endodontisch versorgter Zähne	25
2.2.1.8. Die Anzahl prothetisch versorgter Zähne	26
2.2.1.9. Parodontalzustand	27
2.2.2. Labortechnische Methoden zur Altersbestimmung an Zähnen	28
3. Material und Methoden	29
3.1. Patienten	29
3.2. Nomenklatur	30
3.3. Parodontalspalt	31
3.4. Knochenabbau	32
3.5. Weisheitszahneruption	33
3.6. Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation	34
3.7. Statistische Methodik	34
4. Ergebnisse	36
4.1. Parodontalspalt	36
4.2. Knochenabbau	37
4.3. Weisheitszahneruption	39
4.4. Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation	41

4.5. Multivariate Analyse mit einem Mixed Modell	43
4.6. Analyse mit Hilfe eines multivariaten Regressionsmodells	46
4.7. ROC Analyse	52
5. Diskussion	56
5.1. Parodontalspalt	56
5.2. Knochenabbau	57
5.3. Weisheitszahneruption	59
5.4. Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation	61
6. Zusammenfassung	66
7. Literaturverzeichnis	68
8. Danksagung	78
9. Lebenslauf	79
10. Eidesstattliche Erklärung	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielabbildung einer Handröntgenuntersuchung (Quelle: UKE)	12
Abbildung 2: Stadieneinteilung der Ossifikation der Schlüsselbein- Brustbein- Gelenke (Quelle: Schmeling 2004)	13
Abbildung 3: Dentitionstabelle modifiziert nach Kahl (1985) für Mädchen (Quelle: Kahl – Nieke 2010)	18
Abbildung 4: Dentitionstabelle modifiziert nach Kahl (1985) für Jungen (Quelle: Kahl – Nieke 2010)	19
Abbildung 5: Typisches Orthopantomogramm (Quelle: UKE)	29
Abbildung 6: Stadieneinteilung Sichtbarkeit Pardodontalspalt (Quelle: Olze et al 2010)	31
Abbildung 7: Röntgen Anatomie (Quelle: UKE)	32
Abbildung 8: Eruptionsstadien (Quelle: Olze et al 2007)	33
Abbildung 9: Stadien der Zahnmineralisation (Quelle: Dermirjian et. al 1973)	34
Abbildung 10: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium Sichtbarkeit des PA – Spalts. Zahn 38 und 48	37
Abbildung 11: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium des Knochenabbaus. Zahn 38 und 48	38
Abbildung 12: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium der Weisheitszahneruption. Elongation = Weisheitszahneruption Zahn 38 und 48	40
Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium der Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation. Zahn 38 und 48. 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E, 6 = F, 7 = G, 8 = H	42
Abbildung 14: Grafische Darstellung: Prognostiziertes Alter und reales Alter	45
Abbildung 15: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models ohne Wechselwirkungen sowie Prozentsätze der hinsichtlich Volljährigkeit richtig prognostizierten Werte	47
Abbildung 16: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models mit Wechselwirkungen sowie Prozentsätze der hinsichtlich Volljährigkeit richtig prognostizierten Werte	49
Abbildung 17: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models mit einer Wechselwirkung für das männliche Geschlecht	50

Abbildung 18: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models mit einer Wechselwirkung für das weibliche Geschlecht	51
Abbildung 19: ROC Kurve hinsichtlich der Sichtbarkeit PA – Spalt mit der Zielgröße Volljährigkeit, Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48	52
Abbildung 20: ROC Kurve hinsichtlich des Knochenabbaus mit der Zielgröße Volljährigkeit, Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48.....	53
Abbildung 21: ROC Kurve hinsichtlich der Weisheitszahneruption mit der Zielgröße Volljährigkeit, Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48.....	53
Abbildung 22: ROC Kurve hinsichtlich der Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation mit der Zielgröße: Volljährigkeit Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlere DMFT-Werte und seine Einzelkomponenten nach Alter (Micheelis et al. 2006)	24
Tabelle 2: Alters- und Geschlechterverteilung	30
Tabelle 3: Stadieneinteilung Merkmal Sichtbarkeit Parodontalspalt – PAS (Olze et. al. 2010)	31
Tabelle 4: Stadieneinteilung Parodontaler Knochenabbau (Olze et. al. 2004b)	32
Tabelle 5: Stadieneinteilung Weisheitszahneruption (Olze et al. 2007)	33
Tabelle 6: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sichtbarkeit des PA – Spalts Zähne 38 und 48 Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ = Unteres Quartil, OQ = Oberes Quartil	36
Tabelle 7: Statistische Maßzahlen, Merkmal Knochenabbau Zähne 38 und 48 Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ – Unteres = Unteres Quartil, OQ = Oberes Quartil	38
Tabelle 8: Statistische Maßzahlen, Merkmal Weisheitszahneruption Zähne 38 und 48 Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ – Unteres = Unteres Quartil, OQ = Oberes Quartil	39
Tabelle 9: Statistische Maßzahlen, Merkmal Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation Zähne 38 und 48 Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ = Unteres Quartil, OQ = Oberes Quartil	41
Tabelle 10: Statistische Maßzahlen: Mixed Model mit Zielgröße Alter sämtlichen Haupteffekten und drei Zweifach-Wechselwirkungen KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze	43
Tabelle 11: Mittlere Random-Terme der Probanden nach Altersgruppen 15 – 24 Jahre MW = Mittelwert, SA = Standardabweichung, SE = Standardfehler	46
Tabelle 12: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell ohne Wechselwirkung auf die Zielgröße Alter KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze	46
Tabelle 13: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell mit Wechselwirkungen auf die Zielgröße Alter KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze	48
Tabelle 14: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell für das männliche Geschlecht mit einer Wechselwirkung KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze	50

Tabelle 15: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell für das weibliche Geschlecht mit einer Wechselwirkung KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze.....	51
Tabelle 16: ROC Maßzahlen in Bezug zur Volljährigkeit AUC = „Area – under – the - cuve“, Geschlecht: Männlich und Weiblich Zahn 38 und 48.....	54
Tabelle 17: Stadieneinteilung Merkmal Sichtbarkeit Parodontalspalt – PAS (Olze et. al. 2010)	57

1. Einleitung und Fragestellung

Die Altersabhängigkeit bestimmter dentaler Befunde des Gebisses wurde schon früh zur Altersbestimmung genutzt. So begann man in England bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts damit, das Alter von Kindern anhand von dentalen Befunden zu schätzen (von Maydell 2001).

Altersschätzungen bei unbekannten Leichen und Skeletten werden im Rahmen von Identifikationsmaßnahmen genutzt und sind bereits traditioneller Bestandteil der Rechtsmedizin. Dass gerade die Zähne zu diesem Zweck besonders häufig genutzt werden, ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass sie aufgrund des hohen Anteils anorganischer Bestandteile noch lange nach dem Verfall aller anderen Körpergewebe für Untersuchungen zu Verfügung stehen. Die Identifikation von verstümmelten Leichen oder von Katastrophenopfern (z.B. nach Massenanfällen) und deren Altersbestimmung stellen eine der schwierigsten Aufgaben der forensischen Medizin dar und wären ohne Berücksichtigung dentaler Befunde nicht durchführbar (Matsikidis 1982).

Die Altersabhängigkeit dentaler Befunde wird jedoch auch zur Bestimmung des Alters lebender Personen genutzt. So stellt beispielsweise das Stadium des Zahndurchbruches bei Kindern, das sog. Dentitionsalter, eines der wesentlichen Kriterien zur Bestimmung des günstigsten Zeitpunktes für den Beginn der kieferorthopädischen Behandlung dar (Kahl–Nieke 1995).

Bei der forensischen Altersdiagnostik Lebender handelt es sich um einen verhältnismäßig jungen Zweig der forensischen Wissenschaften. Aus rechtsmedizinischer Perspektive ist diese Entwicklung bereits seit einigen Jahren mit einer wachsenden Nachfrage besonders bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen verbunden (Schmeling et al. 2001b). Die steigende Nachfrage der Altersbestimmung bei lebenden Personen ist einerseits durch eine Zunahme grenzüberschreitender Migrationen, andererseits durch die Entwicklung der Kinder- und Jugendkriminalität bedingt (Geserick et al. 2010). 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 Migrationsbericht der Bundesregierung vom Januar 2015 lebten in Deutschland im Jahr 2013 15,9 Millionen Migranten, das entspricht einem Bevölkerungsanteil von 19,6%.

Besonders durch die aktuellen kriegerischen Konflikte auf der Welt erhöht sich der Anteil an Personen ohne gültige Ausweispapiere, die ihr Alter nicht kennen oder mutmaßlich falsch angeben. Eine Feststellung des Alters ist hinsichtlich dieser Entwicklung gefragt.

Die juristisch bedeutsamen Altersgrenzen sind in Deutschland das 14., 16., 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 Deutschland beträgt das Alter, ab dem das Erwachsenenstrafrecht angewendet werden kann 18 Jahre. Mit 21 Jahren muss das Erwachsenenstrafrecht angewendet werden. Eine sichere Abgrenzung des 18. Lebensjahres ist mit den bislang zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden nicht möglich. Eine Diversifizierung und Erweiterung des zur Verfügung stehenden forensisch-odontologischen Methodenspektrums ist wünschenswert.

1.1. Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, retrospektiv anhand von Röntgenbildern erhobene Befunde des Gebisses bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen in Relation zu deren chronologischen Alter zu setzen. Überprüft wird, ob eine Altersbestimmung unbekannter Personen anhand der untersuchten Merkmale möglich ist, sodass eine sichere Abgrenzung des Erreichens des 18. Lebensjahres gelingt.

2. Erfassung des wissenschaftlichen Umfeldes

2.1. Forensische Altersdiagnostik bei Lebenden

In den letzten Jahren kam es zu einem sprunghaften Anstieg forensischer Altersschätzungen bei lebenden Personen. Der strafrechtlich relevante Hintergrund dieser Altersschätzungen besteht in der Beurteilung der Strafmündigkeit bzw. der Anwendbarkeit des Erwachsenenstrafrechts bei Beschuldigten ohne gesicherte Altersangaben (AKFOS Newsletter, Schmeling et al 2006).

Vor dem besonders aktuellen Hintergrund, dass mehr Menschen aus Krisengebieten flüchten und Asyl in Deutschland und anderen Ländern suchen ist auch ohne strafrechtlichen Hintergrund die Altersschätzung bei lebenden Personen von steigender Bedeutung. Die Zahl der Flüchtenden weltweit steigt und damit auch die Zahl der Zuwanderer. Im Jahr 2013 wurden etwa 1,23 Millionen Zuzüge allein in Deutschland registriert, ein Anstieg um 13,5% im Vergleich zum Vorjahr (1,08 Millionen). Weltweit gab es 2014 57 Millionen Flüchtlinge, davon sind ca. 50 % unter 18 Jahren.

Viele unbegleitete minderjährige Flüchtlinge besitzen keinen gültigen Pass und können kein sicheres Geburtsdatum angeben. Das Jugendamt muss klären, ob eine Minderjährigkeit und damit eine Schutzbedürftigkeit vorliegt (Bundesfachverband unbegleitete minderjährige Flüchtlinge e.V. 2015). Aus medizinischer Sicht muss geklärt werden, ob diese Kinder bei notwendigen Operationen Unterschrifts- und damit Entscheidungsberechtigt sind.

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 folgende Untersuchungen eingesetzt werden:

- eine körperliche Untersuchung mit Erfassung anthropometrischer Maße, der sexuellen Reifezeichen sowie möglicher altersrelevanter Entwicklungsstörungen
- eine radiologische Untersuchung der linken Hand
- eine zahnärztliche Untersuchung mit Erhebung des Zahnstatus und Auswertung eines Orthopantomogramms.

Zur Frage der Vollendung des 21. Lebensjahres wird eine zusätzliche Röntgen- bzw. CT-Untersuchung der Schlüsselbeine empfohlen (Schmeling et al. 2001a, 2001b). Die zuverlässigste Altersdiagnose ergibt sich aus der Synopsis der Teilgutachten (Geserick et al. 2002).

Aus dem Newsletter der AKFOS gehen folgende Erläuterungen hinsichtlich der einzelnen Untersuchungen hervor:

Bei der körperlichen Untersuchung werden neben anthropometrischen Maßen, wie Körperhöhe, Körpergewicht und Körperbautyp, die äußerlich erkennbaren sexuellen Reifezeichen erfasst. Bei Jungen sind dies Entwicklungsstand von Penis und Hodensack, Schambehaarung, Achselhöhlenbehaarung, Bartwuchs und Kehlkopfprominenz; bei Mädchen Brustentwicklung, Schambehaarung, Achselhöhlenbehaarung und Hüftform. Allgemein gebräuchlich sind die Stadieneinteilungen nach Tanner (1962) für Genitalentwicklung, Brustentwicklung und Schambehaarung. Für die Achselhöhlenbehaarung, den Bartwuchs und die Kehlkopfentwicklung liegt eine jeweils vierstufige Stadieneinteilung von Neyzi et al. (1975) vor. Für die Altersschätzungspraxis bietet sich eine Einteilung der sexuellen Reifeentwicklung in vier Phasen nach Flügel et al. (1986) an.

Von den zur forensischen Altersdiagnostik empfohlenen Methoden weist die sexuelle Reifeentwicklung die größte Streubreite auf und sollte für die Altersdiagnose nur in Zusammenschau mit der Beurteilung von Skelettreifung und Zahnentwicklung verwendet werden. Unverzichtbar ist die körperliche Untersuchung jedoch zum Ausschluss möglicher äußerlich sichtbarer altersrelevanter Krankheitserscheinungen und zur Prüfung, ob die Ergebnisse der Skelett- und Zahnaltersbestimmung im Einklang mit der Entwicklung des Gesamtorganismus stehen (Schmeling et al 2004).

Die Röntgenuntersuchung der Hand bildet die zweite Säule der forensischen Altersdiagnostik im Strafverfahren. Eine weitere grundlegende Voraussetzung für die radiologische Altersdiagnostik ist die Durchführung einer körperlichen Untersuchung zur Klärung der Frage, ob eine die Skelettentwicklung beeinflussende Erkrankung vorliegt.



Abbildung 1: Beispielabbildung einer Handröntgenuntersuchung (Quelle: UKE)

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. Danach bietet die Entwicklung der Epiphysenfugen (Wachstumsfuge der Röhrenknochen zwischen Diaphyse und Epiphyse) die beste Möglichkeit zur Altersschätzung (Madea 2007).

Beurteilungskriterien des Handradiogramms sind Form und Größe der einzelnen Handwurzelknochen sowie der Verknöcherungszustand 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. Die Epiphysenfuge verknöchert zur Epiphysennarbe, ein Prozess, der etwa um das 20. Lebensjahr beendet ist (Peschke 2007).

Das vorliegende Röntgenbild wird hierzu entweder mit Standardaufnahmen des jeweiligen Alters und Geschlechts verglichen (Atlasmethode) (Greulich u. Pyle 1959, Thiemann u. Nitz 1991), oder es wird für ausgewählte Knochen der jeweilige Reifegrad bzw. das Knochenalter bestimmt (Einzelknochenmethode) (Roche et al. 1988, Tanner et al. 1975, 2001). Verschiedene Studien haben gezeigt, dass der

größere Zeitaufwand der Einzelknochenmethode nicht zu einer Erhöhung der Aussagegenauigkeit führt (Andersen 1971, Cole et al. 1988, King et al. 1994, Weber 1978). Die Atlasmethoden nach Greulich u. Pyle bzw. Thiemann u. Nitz erscheinen daher für den Einsatz in der forensischen Altersdiagnostik geeignet (Schmeling et al 2004). Im Jahre 2008 veröffentlichten Schmidt et al eine Studie zur retrospektive Überprüfung der Atlasmethode nach Greulich und Pyle. Die Autoren empfehlen zur Erhöhung der Erfolgswahrscheinlichkeit die Anwendung der Atlasmethode nach Greulich und Pyle mit einer körperlichen Untersuchung (Bestimmung der sexuellen Reifezeichen) und einer zahnärztlichen Untersuchung zu kombinieren.

Wenn die Vollendung des 21. Lebensjahres zu beurteilen ist, kommt eine zusätzliche Röntgen- bzw. CT- Untersuchung der Schlüsselbeine in Betracht. Hier ist die Entwicklung der medialen Schlüsselbeinepiphyse zu verfolgen. Allerdings ist hier die Strahlenbelastung für den Körper höher, als bei den Handaufnahmen. Ab dem 22. Lebensjahr bis spätestens zum 27. Lebensjahr erfolgt der komplette Schluss der Epiphyse (Madea 2007).

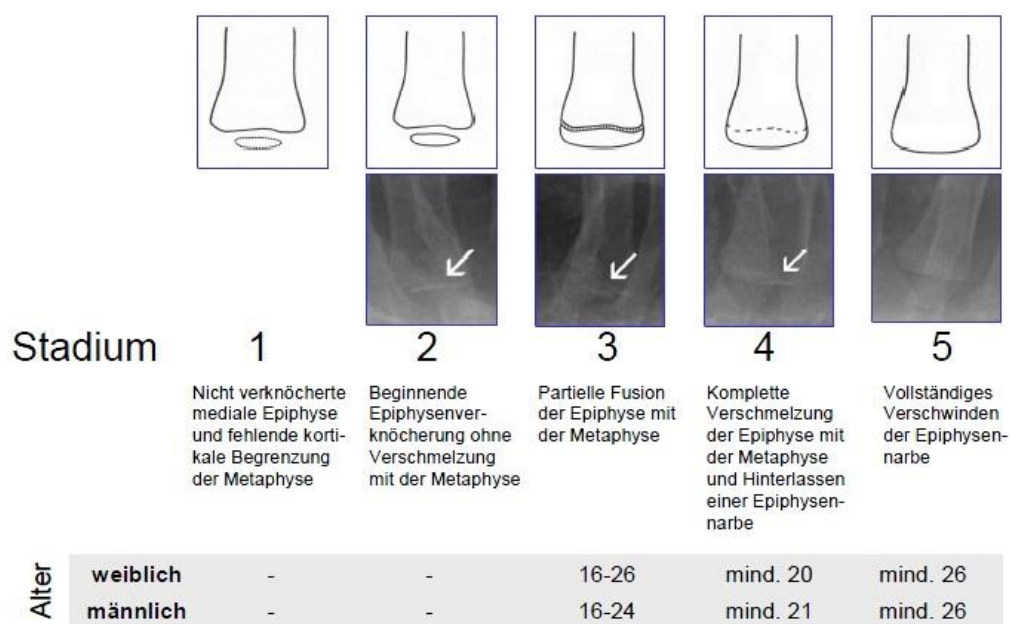


Abbildung 2: Stadieneinteilung der Ossifikation der Schlüsselbein- Brustbein-Gelenke (Quelle: Schmeling 2004)

Im Rahmen der zahnärztlichen Untersuchung sind die entwicklungsbiologischen Merkmale Zahndurchbruch und Zahnmineralisation am wichtigsten. Der Zahndurchbruch ist der Zeitpunkt, an dem die Spitze des Zahnes die Gingiva

penetriert. Die Diagnose erfolgt direkt durch Untersuchung der Mundhöhle des Betroffenen und bedarf keiner Röntgenuntersuchung. Mit Ausnahme des dritten Molaren sind die Zähne des Dauergebisses im Durchschnitt etwa bis zum zwölften Lebensjahr durchgebrochen. Die dritten Molaren (18, 28, 38, 48) brechen (zumindest in europäischen Populationen) erst nach dem 17. Lebensjahr durch (Müller 1983). Nach weiteren zwei bis vier Jahren wird die Kauebene erreicht (Berkowitz und Bass 1976). Allerdings ist für den Durchbruch der dritten Molaren mit erheblichen interindividuellen und wahrscheinlich auch ethnischen Schwankungen zu rechnen, sodass mit den Untersuchungsergebnissen kritisch umgegangen werden muss.

Die Zahnmineralisation wird auf einer Röntgenaufnahme des Gebisses, des so genannten Orthopantomogrammes, beurteilt. Die Mineralisation beginnt mit der Bildung der Zahnkrone an der Kaufläche und setzt sich dann über den Zahnhals zur Wurzel hin fort. Mit dem Abschluss der Wurzelbildung ist das Zahnwachstum beendet (Schmeling et al 2004). Der Abschluss der Wurzelbildung der dritten Molaren ist in verschiedenen Studien mit Mittelwerten von 21 – 23 Jahren angegeben (Madea 2007). Für die Beurteilung der Zahnmineralisation wurden verschiedene Stadieneinteilungen vorgelegt (Demirjian 1973, Geiser 1955, Köhler 1994, Kullmann 1992, Moorrees 1963). Für forensische Zwecke erscheint die Stadieneinteilung nach Demirjian et al. 1973 als am besten geeignet, weil die Stadien durch Formveränderungen und unabhängig von spekulativen Längenschätzungen definiert sind.

Das chronologische Alter und die Zahnentwicklung weisen eine enge Korrelation auf, da sie weniger von Krankheiten, dem Hormonhaushalt und der Ernährung abhängig sind. Die gilt vor allem für die Entwicklungsphase des Gebisses bis zum 18. Lebensjahr. Abnutzungserscheinungen und degenerative Prozesse treten variabel mit zunehmendem Alter auf. Parodontose und Parodontitis zeigen zumindest grobe Korrelationen mit dem Lebensalter (Madea 2007) und können deshalb ergänzend zu den aufgeführten Methoden hinzugezogen werden. Die Bestimmung des epidemiologischen DMF-Index, wenn zum Beispiel keine Röntgenaufnahmen möglich sind, gibt die durchschnittliche Häufigkeit von kariösen (D = decayed), fehlenden (M = missing) und restaurativ versorgten Zähnen (F = filled) in einer Population additiv an. Hierbei ist allerdings die interindividuelle Variabilität erheblich.

Die vorliegenden Standards sind grundsätzlich auf alle ethnischen Hauptgruppen anwendbar, da die definierten Entwicklungsstadien in derselben Reihenfolge durchlaufen werden.

2.2. Untersuchungsmethoden zur Altersbestimmung an Zähnen

Verschiedene Untersuchungsmethoden zur Altersbestimmung an Zähnen sind literarisch erwähnt, wobei zweckmäßig eine Unterteilung erfolgt in

- Klinische Methoden
- Labortechnische Methoden

2.2.1. Klinische Methoden zur Altersbestimmung an Zähnen

Die folgenden Merkmale sind entweder direkt oder mit geringem labortechnischen Aufwand an lebenden Personen auf der Grundlage intraoral oder röntgenologisch erhobener Befunde zu bestimmen:

- Abrasionsgrad des Gebisses
- Zahndurchbruch unter besonderer Berücksichtigung der Weisheitszähne
- Wurzelwachstum der Weisheitszähne
- Index der koronalen Pulpenkavität
- Anzahl fehlender Zähne
- Anzahl konservierend versorgter bzw. kariöser Zähne
- Anzahl endodontisch versorgter Zähne
- Anzahl prothetisch versorgter Zähne
- Parodontalzustand

2.2.1.1. Der Abrasionsgrad des Gebisses

Den Substanzverlust durch Abrasion untersuchte der Chinese Song Hongwei (1989) an 24640 Zähnen von 880 Patienten chinesischer Nationalität. Dabei wurde der Substanzverlust von Frontzähnen, Eckzähnen, Prämolaren und Molaren nach einer fortschreitenden Skala von 0 bis 6 unterteilt, wobei grad 0 keine Abrasion, Grad 6 eine Abrasion der Zahnhartsubstanz bis zum Zahnhals beschreibt. Nach Song Hongwei waren so in der Altersgruppe der 13- bis 20-jährigen Altersschätzungen von +/- 3 Jahren bei einer Sicherheit von 96% möglich. Generell konnte die Schätzung in

den jüngeren Altersgruppen mit einer höheren Genauigkeit durchgeführt werden (von Maydell 2001).

2.2.1.2. Der Zahndurchbruch unter besonderer Berücksichtigung der Weisheitszähne

Betrachtet man die Dentition des Menschen als ein Kriterium zur Altersschätzung, so ist zunächst eine Trennung zwischen Milch- und bleibendem Gebiss zu ziehen.

Dabei erstreckt sich der Durchbruch des permanenten Gebisses über eine längere Periode mit unregelmäßigen Abständen, wobei die Durchbruchszeiten der zuletzt durchbrechenden Zähne wesentlich größeren Schwankungen unterworfen sind als die der anfangs durchbrechenden Zähne (Künzel 1976). Schour und Massler entwarfen bereits 1940 ein Schema zur Darstellung von Entwicklung und Durchbruch der Milch- sowie der permanenten Zähne. Die Dentitionstabelle wurde 1985 von Kahl für ein Kölner Patientengut geschlechtsspezifisch aktualisiert.

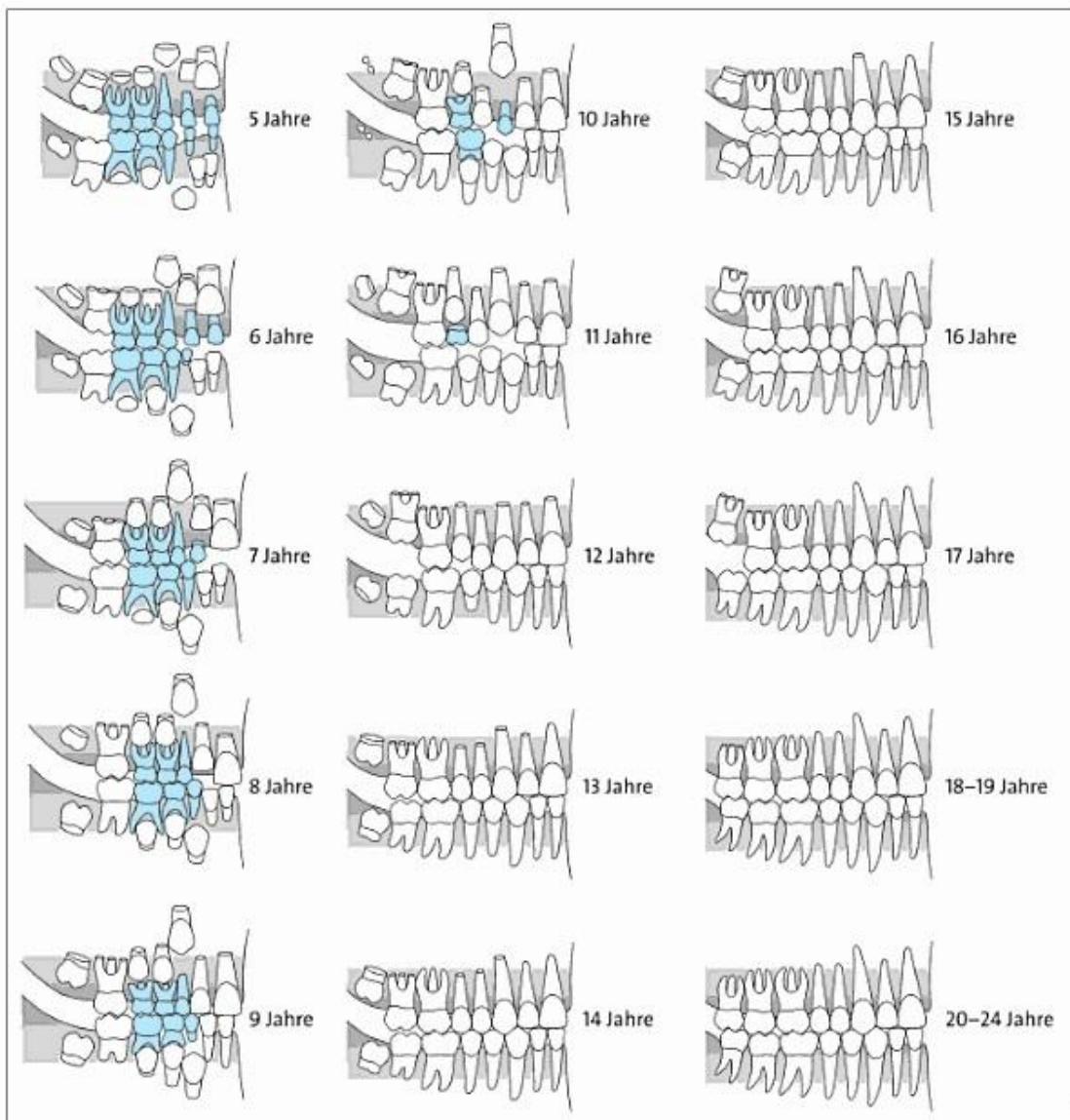


Abbildung 3: Dentitionstabelle modifiziert nach Kahl (1985) für Mädchen (Quelle: Kahl – Nieke 2010)

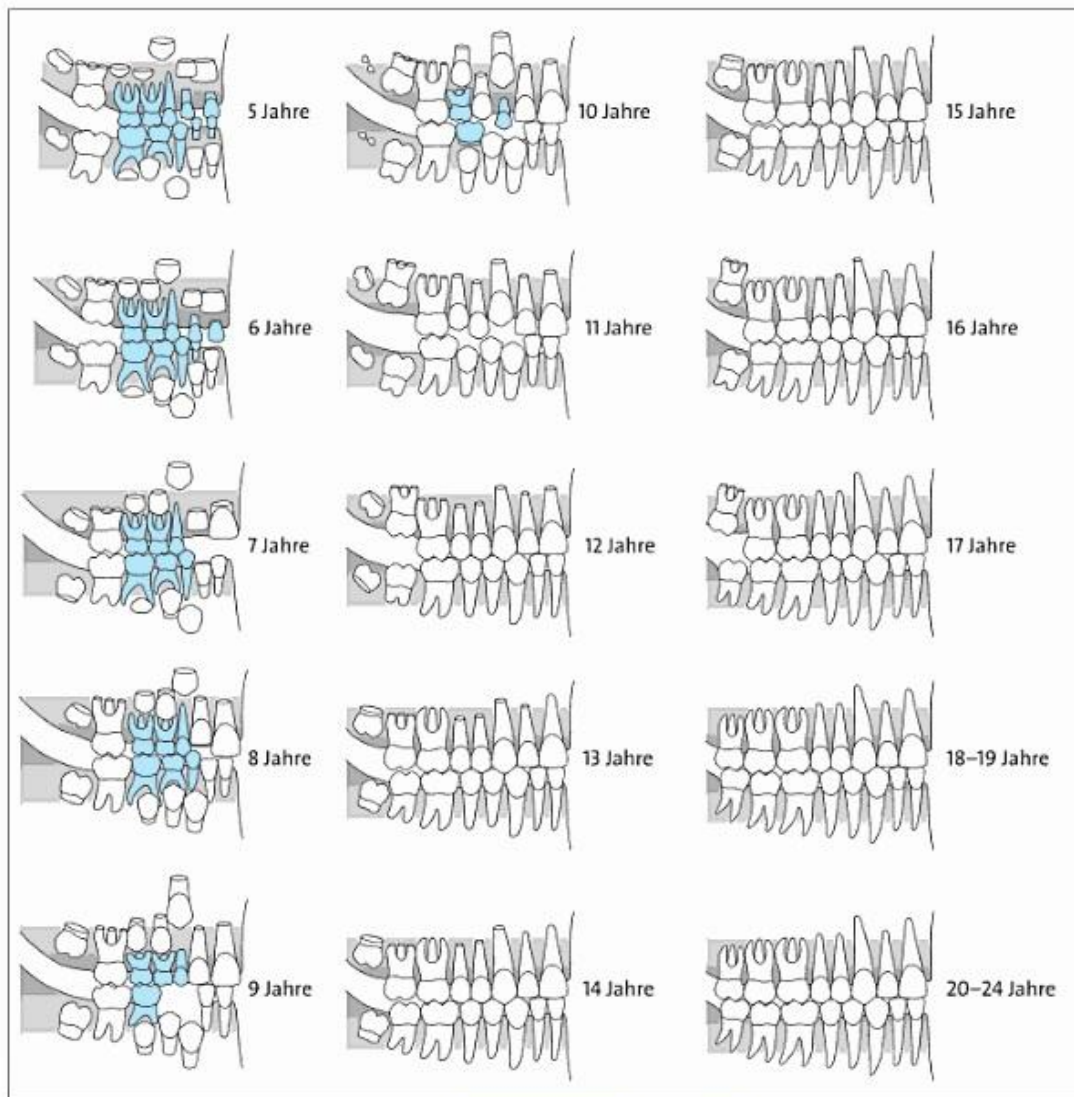


Abbildung 4: Dentitionstabelle modifiziert nach Kahl (1985) für Jungen (Quelle: Kahl – Nieke 2010)

Über den Zeitpunkt des Durchbruchs der Weisheitszähne in die Mundhöhle gibt es in der Literatur von diversen Autoren verschiedene Angaben. So brechen die Weisheitszähne nach Hunter (1771) zwischen dem 20. Und 30. Lebensjahr durch, Cartwright (1957) präzierte diese Zeitspanne auf das Alter von 17 – 25 Jahren. Weitere Daten, die im 20. Jahrhundert über den klinischen Durchbruch der Weisheitszähne veröffentlich wurden, schwanken in einem Zeitraum zwischen 16 und 40 Jahren Alter (Scheff 1902, Black 1908, Meyer 1932, Shafer et al. 1963, Rantanen 1967). Die Zeitspanne, die dabei am häufigsten von den Autoren genannt wird, ist das Alter zwischen 17 und 21 Jahren (Logan und Kronfield 1933). Nach Levesque (1981) differiert der Zeitpunkt des klinischen Durchbruchs bei Jungen und

Mädchen etwas, er liegt bei den Jungen im Durchschnitt bei 18,5 Jahren, bei den Mädchen bei 19 Jahren.

Nach Untersuchungen von Johanson (1971) muss der Zahnträger bei abgeschlossenem Durchbruch des dritten Molaren mindestens 17 Jahre alt sein. Da der Durchbruch der Weisheitszähne in die Mundhöhle jedoch stark von lokalen Einflüssen wie Retention, Platzmangel und Verlagerung abhängig ist, sind präzise Altersschätzungen anhand dieses Merkmals für ihn nicht möglich.

Johanson konnte in seinen Studien jedoch beweisen, dass die Entwicklung der Weisheitszähne im Gegensatz zu deren Durchbruch nur wenig von äußeren Faktoren beeinflusst wird. So ist die röntgenologische Auswertung der Wurzelwachstumsstadien von Weisheitszähnen auch die am meisten untersuchte und diskutierte Methode (Ulbricht 2001).

2.2.1.3. Das Wurzelwachstum der Weisheitszähne

Schon 1933 lieferten Logan und Kronfeld erste Studien über Zahnbildung und ihre Vielfältigkeit an sich. Sie bedienten sich des Sektionsgutes von 30 Kleinkindern und Kindern. Nach dieser Studie wurde der Zeitpunkt der beginnenden Kalzifikation der unteren dritten Molaren auf einen Zeitraum zwischen dem 7. und 9. Lebensjahr gelegt. Andere Autoren, die sich mit der Zahnentwicklung beschäftigten, waren Schour und Massler (1940), die auch den Begriff der Wachstumszentren prägten. Die Kalzifikation des unteren dritten Molaren beginnt demnach bei Mädchen und Jungen im Alter zwischen 7 und 10 Jahren. Zwischen 12 und 16 Jahren ist die Kronenbildung des Weisheitszahnes abgeschlossen, der Apex verschließt sich zwischen 18 und 25 Jahren.

Diese ersten Untersuchungen über die Entwicklung der Zähne haben wegen der wenig differenzierten Betrachtungsweise eines sehr kleinen Untersuchungsgutes eher historischen Charakter.

Als Autoren jüngerer Datums sind Levesque, Dermirjian und Tanguay zu erwähnen. In ihren Arbeiten stützen sich die Aussagen bezüglich des Alters auf die anhand von röntgenologischen Aufnahmen bestimmten Wachstumsstadien. Ihre Untersuchungen aus dem Jahre 1981 werteten 4640 Panoramaschichtaufnahmen (2362 von weiblichen, 2278 von männlichen Patienten) von kanadischen Kindern im Alter

zwischen 7 und 25 Jahren aus. Levesque, Demirjian und Tanguay veröffentlichten folgende Ergebnisse: Bilaterale Agenesie des dritten Molaren war bei 9% der Untersuchten ohne signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied zu diagnostizieren. Die rechte und die linke Gesichtshälfte zeigten das gleiche Wachstumsschema sowohl bei der Kronen- und Wurzelbildung als auch beim Zahndurchbruch. Die untersuchten Mädchen bildeten die Weisheitszahnkronen bis zur 2. Entwicklungsphase etwas schneller als die Jungen aus, jedoch verschwand dieser Geschlechtsunterschied mit Eintritt in die Phase der beginnenden Wurzelbildung. Diese vollzog sich bei männlichen Patienten etwas schneller. Bei dem konvergierenden Verschluss des Wurzelkanals betrug die Differenz zwischen den Mittelwerten schließlich 1,5 Jahre zugunsten der Jungen (von Maydell 2001).

Eine von Köhler 1994 et al. Veröffentlichte Untersuchung über die Eignung der Weisheitszahnentwicklung zur Altersbestimmung bei 15 – bis 25- jährigen Personen beschreibt Schwankungsbreiten von +/- 4 Jahren bei 97%iger Sicherheit und eine Verzögerung der Wachstumsverläufe retinierter Weisheitszähne bis zu 3,5 Jahren.

In seiner 2001 abgeschlossenen Untersuchung setzt Ulbricht das Wurzelwachstum der Weisheitszähne in Beziehung zum Alter der untersuchten Patienten und errechnet durch Anwendung des Verfahrens der ROC – Analyse prädiktive Werte die eine Altersschätzung unbekannter Personen anhand des jeweiligen Befundes erlauben. Der empfohlene Schwellenwert für eine Altersbestimmung ist das Wurzelwachstumsstadium A1/2 (volle Wurzellänge, Apex geöffnet). Bei positivem Befund, also einem Wachstumsstadium der am weitesten ausgeprägten Weisheitszahnwurzel, welches gleich oder größer dem genannten ist, betrüge die Wahrscheinlichkeit, dass die unbekannte Person älter als achtzehn Jahre ist, 95,1%. Entsprechend betrüge die Wahrscheinlichkeit eines Alters unter achtzehn Jahren bei negativem Befund 66%. Diese Vorhersagewahrscheinlichkeiten lassen sich durch die Wahl anderer Schwellenwerte variieren.

2.2.1.4. Der Index der koronalen Pulpenkavität

Ein vergleichsweise wenig Beachtung findendes Kriterium zur Altersbestimmung ist die 1985 von Ikeda et al. beschriebene Berechnung des Index koronalen Pulpenkavität (TCI). Die Anwendbarkeit dieser Methode wurde unter anderem von Drusini et al. (1997) untersucht, in dem das Größenverhältnis des koronalen Pulpenkavums zur Kronenhöhe an 846 ausgewählten Zähnen von PSA- Aufnahmen bestimmt und dem Alter der Patienten gegenübergestellt wurde. Die Korrelationskoeffizienten reichten von $r = -0,92$ bis $r = -0,87$ mit Standardabweichungen zwischen 5,88 und 6,66 Jahren. Als Vorteile dieser Methode der Altersbestimmung sind die einfache und zeitsparende Anwendbarkeit bei lebenden Individuen wie auch in der forensischen Odontostomatologie zu nennen. Trotz der hohen Korrelationskoeffizienten zwischen TCI und chronologischem Alter sind die Standardabweichungen mit bis zu über sechs Jahren (Druisini et al. 1997) relativ hoch.

Kvaal et al. setzten 1995 röntgenologisch bestimmte Größenverhältnisse in Beziehung zum Alter untersuchter Personen, u.a. das Verhältnis von Zahnlänge zu Wurzellänge und zum Pulpencavum, das Verhältnis von Wurzellänge zum Pulpencavum sowie das Verhältnis von Zahnwurzel und Pulpencavum an unterschiedlichen Höhen der Zahnwurzel. Unter Ausschluss des nicht signifikant mit dem Alter korrelierten Größenverhältnisses Zahnlänge/ Wurzellänge und bei gleichzeitiger Beurteilung von sechs Zähnen errechneten die Autoren eine maximale Korrelation von $r^2 = 0,76$ (von Maydell 2001).

2.2.1.5. Die Anzahl fehlender Zähne

Hugoson et al. veröffentlichten 1996 eine umfangreiche Longitudinalstudie über den Zustand der Mundhygiene 3- bis 80- jähriger Probanden der Jahre 1973, 1983 und 1993 in Jönköping, Schweden. Zu keinem der drei Untersuchungszeitpunkte unterschied sich die Anzahl der vorhandenen Zähne bei 15- und 20- jährigen Probanden signifikant, die durchschnittliche Anzahl der Zähne stieg um 0,1 bis 0,2 Zähne an. Zwischen den Altersgruppen der 20- und 30- jährigen Probanden reduzierte sich die Anzahl der vorhandenen Zähne 1973 um durchschnittlich 1,4 und

1983 um durchschnittlich 0,5 Zähne, während die Werte für 1993 bei beiden Altersgruppen gleich blieben. Eine deutliche Abnahme der Anzahl fehlender Zähne (Verlust von durchschnittlich zwei Zähnen) war 1973 und 1983 zwischen den Altersgruppen der 30- und 40- jährigen und 1993 erst zwischen den Altersgruppen der 40- und 50- jährigen zu beobachten (Ulbricht 2001).

2.2.1.6. Die Anzahl konservierend versorgter bzw. kariöser Zähne

Untersuchungen, welche die Abhängigkeit zwischen Karies- bzw. Füllungszuwachs und dem Alter in möglichst ähnlicher Form wie in dieser Untersuchung zur Altersbestimmung unbekannter Personen nutzen, sind kaum veröffentlicht worden. Allerdings liegen viele epidemiologische Studien vor, deren Gegenstand die Beschreibung der oralen Gesundheit meist größerer Bevölkerungsgruppen ist.

Friedrich et al. veröffentlichten 2003 Studien, ob die Anzahl kariöser oder gefüllter Weisheitszähne Aussagen über das Patientenalter zulassen, insbesondere ob das 18. Lebensjahr erreicht wurde. Hierzu wurden 1053 OPG Aufnahmen von Patienten der Altersgruppe zwischen 14 und 24 Jahren untersucht. Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Anzahl der kariösen Zähne und dem chronologischen Alter ließ sich für die untersuchte Altersgruppe nicht herstellen. Aus dem Nachweis von Füllungen der Weisheitszähne wurden hingegen hohe positive prädiktive Werte abgeleitet. So liege der positive prädiktive Wert für einen gefüllten Zahn 28 bei 95,56% und für einen gefüllten Zahn 38 sogar bei 100%. In Anbetracht der geringen Prävalenz der gefüllten Weisheitszähne in der untersuchten Stichprobe (4,7 - 6,1%) sollte dieses Ergebnis nach Ansicht der Autoren zurückhaltend interpretiert werden, zumal es sachlogisch nur schwer nachvollziehbar erscheint, warum gefüllte Weisheitszähne die Vollendung des 18. Lebensjahrs wesentlich wahrscheinlicher machen als kariöse Weisheitszähne, ist doch der kariöse Befall eines Zahnes die Voraussetzung für seine konservierende Versorgung.

Bei anderen Untersuchungen werden jedoch nicht allein die konservierend versorgten Zähne oder Prozentsatz kariöser Approximalfächen betrachtet, sondern der international gebräuchliche DMFS/T-Index verwendet. Es handelt sich dabei um eine Aufsummierung aller zerstörten, durch Extraktion verlorengegangenen und

restaurierten Zähne oder Zahnflächen (D= decayed, M= missing, F= filled, T= teeth, S= surface). Der Vorteil dieser Zusammenfassung von kariösen, gefüllten und fehlenden Zähnen zu einem einzigen aussagekräftigen Index ist in der Vergleichbarkeit von epidemiologischen Daten, die entweder zu verschiedenen Zeitpunkten oder an verschiedenen Orten erhoben worden sind. Utriainen et al. kamen in einer 1998 veröffentlichten Studie an 13- bis 15- jährigen Schulkindern zu dem Ergebnis, dass 60% der kariesfreien Probanden in dem Untersuchungszeitraum keine neuen Läsionen entwickelten, während die Hälfte der Kinder mit mindestens zwei Füllungen gegen Ende der Untersuchung mindestens drei neue kariöse Zähne aufwiesen. Außerdem beschreiben Utriainen et al. (1998) eine deutliche Abhängigkeit der Zunahme des DMF-Indexes von den im Vorfeld erhaltenen präventiven Maßnahmen (von Maydell 2001).

In der Vierten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS IV) veröffentlicht von Micheelis et al. im Jahre 2006 ist eine statistisch hochsignifikante Beziehung des Lebensalters zum Kariesbefall beschrieben.

Tabelle 1: Mittlere DMFT-Werte und seine Einzelkomponenten nach Alter (Micheelis et al. 2006)

	Mittlerer DMFT- Werte und Einzelkomponenten			
Altersgruppe	DMFT	DT	MT	FT
12 Jahre	0,7	0,2	0	0,5
15 Jahre	2,8	0,5	0,2	2
35- 44 Jahre	14,5	0,5	2,4	11,7
65 - 74 Jahre	22,1	0,3	14,1	7,7

Die Auswertung der DMS IV zeigt, dass 12- jährige im Durchschnitt 0,7 Zähne haben, die kariös, gefüllt oder aufgrund einer Karies bereits verloren gegangen sind. 70,1 % der Kinder (12 Jahre) und 46,1 % der Jugendlichen (15 Jahre) haben ein Gebiss ganz ohne Karieserfahrung. Die Risikogruppe der 12-Jährigen mit erhöhtem Karieslevel (DMF-T > 2) liegt bei 10,2 %.

Auch in der Erwachsenengruppe (35-44 Jahre) ist der mittlere DMFT-Wert zurückgegangen: von 16,1 im Jahr 1997 auf 14,5 im Jahr 2006. Betrachtet man bei den Erwachsenen den mittleren MT-Wert, also die Anzahl der aufgrund von Karies extrahierten Zähne, ist zu erkennen, dass im Durchschnitt nur 2,4 Zähne fehlten. Gegenüber 1997 hat sich die Anzahl der betroffenen Zähne damit nahezu halbiert (Mittlerer MT-Wert bei den 35-44-Jährigen 1997: 3,9). Allerdings ist das Vorkommen

von Wurzelkaries in den Erwachsenenaltersgruppen stark angestiegen (bei Erwachsenen um 9,7 Prozentpunkte und bei den 65-74-jährigen Senioren um 29,5 Prozentpunkte). Dies lässt sich u. a. dadurch erklären, dass durch den Erhalt von Zähnen bis ins höhere, bzw. hohe Alter diese damit auch einem wachsenden Risiko für Wurzelkaries ausgesetzt sind.

Bei den Kindern und Jugendlichen sind 78,1 % der erkrankten Zähne bereits gefüllt. Bei den Jugendlichen liegt der Sanierungsgrad auf ähnlich hohem Niveau (79,8 %). Bei den höheren Altersgruppen weist der Kariessanierungsgrad sogar ein außerordentlich hohes Niveau auf: Erwachsene (95,6 %) und Senioren (94,8 %).

Als mögliche Erklärung für den deutlichen Kariesrückgang bei den Kindern werden aufgrund der erhobenen Daten die regelmäßigen zahnärztlichen Kontrolluntersuchungen und die Zunahme der vorsorglichen Versiegelung der Kauflächen von Backenzähnen (Fissurenversiegelung) diskutiert. Es finden sich innerhalb der DMS IV bei fast dreiviertel der Kinder versiegelte Zähne.

Generell betreffen die genannten positiven Veränderungen hinsichtlich der Kariesentwicklung die Angehörigen *aller* Sozialschichten. Auch in den sozial schwächeren Schichten ist ein Kariesrückgang zu verzeichnen, d. h. dass auch jetzt schon die Hochrisikogruppen von den etablierten präventiven Strukturen profitieren.

Als mögliche Erklärung für den deutlichen Kariesrückgang bei den Kindern werden aufgrund der erhobenen Daten die regelmäßigen zahnärztlichen Kontrolluntersuchungen und die Zunahme der vorsorglichen Versiegelung der Kauflächen von Backenzähnen (Fissurenversiegelung) diskutiert. Es finden sich innerhalb der DMS IV bei fast dreiviertel der Kinder versiegelte Zähne (aktueller Auszug von der Homepage der DGZMK).

2.2.1.7. Die Anzahl endodontisch versorgter Zähne

Der Frage nach Zusammenhängen zwischen Alter und Häufigkeit endodontischer Behandlungen wird im Gegensatz zu der Untersuchung von Qualitätsstandards und der Möglichkeit prognostischer Aussagen nach Wurzelkanalfüllungen in wissenschaftlichen Veröffentlichungen nur wenig Bedeutung beigemessen.

In einer 1993 von Eckerbom et al. veröffentlichten Studie anhand derer Daten über Häufigkeit, Erfolgsraten und technischen Standard endodontischer Behandlungen

einer schwedischen Bevölkerungsgruppe gewonnen wurden, waren die Häufigkeiten fehlender Zähne in unterschiedlichen Altersgruppen annähernd gleichmäßig verteilt. Der Autor kam zu dem Ergebnis, dass mit Stiftaufbauten versorgte Zähne häufiger verloren gingen als andere Zähne, während mit Kronen versorgte Zähne im Vergleich zu anderen Zähnen keinem erhöhtem Risiko des Zahnverlustes unterlagen.

Untersuchungen über die Häufigkeiten endodontischer Versorgungen in den Altersgruppen der vorliegenden Untersuchung liegen nicht vor.

Eine 1979 von Voigt und Hetzer veröffentlichte Querschnittsuntersuchung über den Sanierungsgrad von 1200 Kindern in der damaligen DDR beschreibt endodontische Behandlungsmaßnahmen in Form von Vitalexstirpationen oder der Behandlung infizierter Wurzelkanäle infolge Karies bei 7- bis 16-jährigen Probanden als Ausnahmefälle (von Maydell 2001).

2.2.1.8. Die Anzahl prothetisch versorgter Zähne

Die einzige Studie, welche epidemiologische Angaben über die Prävalenz prothetischer Versorgungen in den Altersgruppen der 15- bis 24-jährigen macht, ist die schon mehrfach erwähnte 1996 von Hugoson et al. veröffentlichte Studie über den Zustand der Mundhygiene 3- bis 80-jähriger Probanden der Jahre 1973, 1983 und 1993 in Jönköping, Schweden. Nach Angaben der Autoren steigen die prozentualen Häufigkeiten der überkronten Zähne zwischen den Altersgruppen der 20- bis 70-jährigen Probanden kontinuierlich an. Allerdings wurden zwischen den für die Fragestellung dieser Arbeit interessanten Altersgruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede beschrieben. Prothetisch versorgte Zähne waren erst ab der Altersklasse der 20-jährigen im Jahre 1973 mit einer Häufigkeit von 0,5% der existierenden Zähne vorhanden (Ulbricht 2001).

2.2.1.9. Parodontalzustand

In dem vom Robert Koch Institut im Jahre 2009 veröffentlichten Heft zur Mundgesundheit favorisiert die WHO drei Indikatoren zur Beschreibung des parodontalen Zustandes: Blutung der Gingiva, Vorkommen von Zahnstein und parodontale Taschenbildung, den sogenannten Community Periodontal Index (CPI). Dies zieht allerdings eine aufwendige klinische Befunderhebung nach sich. Die in Deutschland verfügbaren Daten zur Parodontitisprävalenz basieren ebenfalls hauptsächlich auf CPI-Werten. Für den CPI werden die Zähne nach ihrem Krankheitszustand (Grad 0 = keine Blutung, Grad 1: Reizblutung, Grad 2: Zahnstein, Grad 3: Sondierungstiefe 4 – 5 mm, Grad 4: Sondierungstiefe ≥ 6 mm) klassifiziert. Betrachtet man deutschlandweit den Trend des CPI von 1997 und 2005, dann fällt ein deutlicher Anstieg der Grade 3 und 4 auf. 1997 hatte die Hälfte (46,3 %) der Erwachsenen und 2005 bereits 73,2 % der Erwachsenen einen Grad 3 oder 4. Parallel dazu kam es zu einem Rückgang des Anteils von Personen mit parodontal gesunden Gebissen (keine Blutung). Bei den Seniorinnen und Senioren zeichnete sich ein ähnliches Bild ab. Bei ihnen sank der Anteil der Personen mit parodontal gesunden Gebissen von 5,7 % auf 1,4 % und der Anteil der Betroffenen mit einem CPI-Wert von 3 oder 4 stieg von 64,1 % auf 87,8 % an (Robert Koch Institut 2009). Die Zunahme der Prävalenz und Schwere der Parodontitis mit zunehmendem Alter ist laut Ellen (1994) als bekannt vorauszusetzen.

Der Gesundheitszustand des Parodontiums in anderen Ländern und Kulturkreisen stellt sich zum Teil sehr unterschiedlich dar. So beschreibt Taani 1997 im Gegensatz zu den in den Industrienationen häufig rückläufigen Kariesprävalenzen eine in vielen Entwicklungsländern zu beobachtende entgegengesetzte Tendenz. Sowohl das Kariesvorkommen als auch der Behandlungsbedarf bei Parodontalerkrankungen scheint hier parallel zur sozio-ökonomischen Entwicklung zuzunehmen. Taani bezifferte in einer 1997 veröffentlichten Studie über Kariesprävalenz und Behandlungsbedarf bei Parodontalerkrankungen in privaten und staatlichen jordanischen Schulen den Anteil der 15- bis 16-jährigen Schüler, welche pathologische Taschentiefen aufwiesen mit 6,1%. Die Anteile der Schüler mit gesundem Parodontium betrug in staatlichen Schulen 35,7% und in privaten Schulen 46,2% (von Maydell 2001)

2.2.2. Labortechnische Methoden zur Altersbestimmung an Zähnen

Die labortechnischen Methoden zur Altersbestimmung an Zähnen beinhalten sowohl histologische als auch biochemische Untersuchungsverfahren, welche die Extraktion eines oder mehrerer Zähne voraussetzen. Ihre Anwendung an lebenden Personen ist deshalb aus ethischen Gründen abzulehnen. Vollständigkeitshalber werden einige wissenschaftlich untersuchte Verfahren bzw. zahnmorphologische Besonderheiten hier aufgelistet.

- Verascherung von Dentin zur Gewichtsbestimmung
- Messung der Wurzeldentintransparenz
- Bestimmung der Pulpencavumlänge
- Mineralisationsgehalt des Zahnes
- Zementapposition der Zahnwurzel
- Parodontale Veränderungen
- Abrasionsgrad der Zähne
- Resorption der Wurzelspitze
- Razemierungsgrad von Asparaginsäure im Dentin

3. Material und Methoden

3.1. Patienten

Als Grundlage der Untersuchung dienten Orthopantomogramm (OPG) – Aufnahmen, die zwischen 2000 und 2013 von Patienten angefertigt worden sind. Die Patienten befanden sich in zahnärztlicher, kieferchirurgischer oder kieferorthopädischer Behandlung in der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des Universitätsklinikums Hamburg – Eppendorf oder in einer Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie Praxis in Rostock.



Abbildung 5: Typisches Orthopantomogramm (Quelle: UKE)

Es wurden insgesamt 1895 digital gefertigte OPG von 935 weiblichen und 960 männlichen Patienten im Alter von 15 – 24 Jahren untersucht, bei denen die unteren dritten Molaren vorhanden sind. Bei der Auswahl der Röntgenbilder wurde darauf Wert gelegt, dass jede der zehn Altersstufen (15 - bis 24 - jährig) annähernd gleichstark vertreten ist. Dies geschah durch Identifizierung der Kenndaten (Geburtsdatum und Untersuchungsdatum) am Computer der Abteilung für Röntgendiagnostik der ZMK, UKE. Tabelle 2 zeigt die Alters- und Geschlechterverteilung der Probanden.

Tabelle 2: Alters- und Geschlechterverteilung

Alter	weiblich	männlich
15	95	88
16	96	97
17	94	97
18	97	97
19	99	98
20	97	100
21	100	98
22	86	100
23	94	100
24	77	85
Gesamt	935	960

Definitionsgemäß wird ein Patient während des Zeitraumes zwischen Beginn des sechzehnten Lebensjahres am Tag des fünfzehnten Geburtstages und Abschluss des sechzehnten Lebensjahres am letzten Tag vor dem sechzehnten Geburtstag als 15 – jährig bezeichnet.

Untersucht wurden in jeder OPG Aufnahme die unteren dritten Molaren. Folgende Kriterien wurden dabei bewertet: der Parodontalspalt, der Knochenabbau, die Weisheitszahneruption und die Stadien der Zahnmineralisation. Erfasst wurden außerdem Geschlecht, Aufnahmedatum und Geburtsdatum der Probanden.

3.2. Nomenklatur

Die Benennung der Zähne erfolgte nach dem internationalen Zahnschema der Fédération Dentaire Internationale (FDI), nach welchem nicht allein die Zähne, sondern auch die einzelnen Gebissquadranten fortlaufend durchnummeriert werden. Der obere rechte Quadrant erhält die Nummer 1, oben links 2, unten links 3 und unten rechts 4. Die Zähne werden von der Mittellinie ausgehend nummeriert, wobei zuerst die Zahl des Quadranten und an zweiter Stelle die Zahnzahl genannt wird.

3.3. Parodontalspalt

Als Vorlage zur Auswertung diene die Stadieneinteilung und Sichtbarkeit des Parodontalspalts (PAS) nach Olze et. al. 2010.

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

Stadium 1	PAS an beiden Wurzeln in voller Länge sichtbar
Stadium 2	PAS zu mehr als der Hälfte an einer Wurzel nicht mehr sichtbar
Stadium 3	PAS an einer Wurzel in voller Länge oder an Teilen beider Wurzeln nicht mehr sichtbar
Stadium 4	PAS an beiden Wurzeln nicht mehr sichtbar

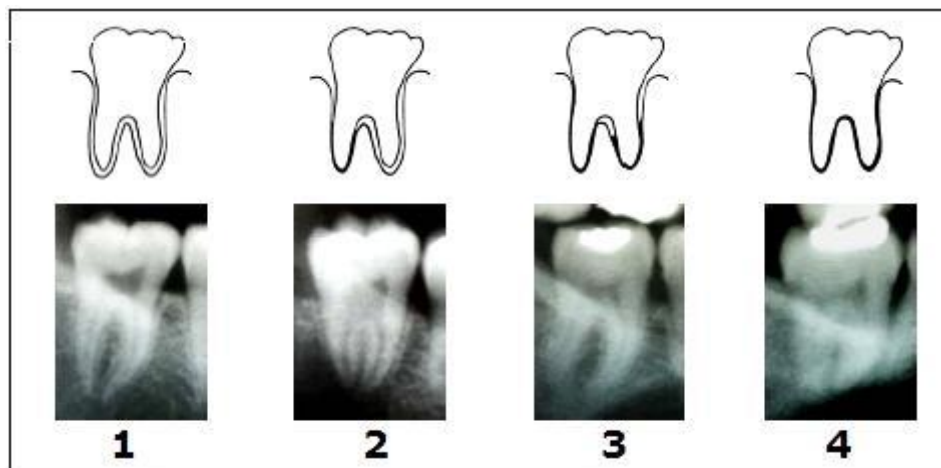


Abbildung 6: Stadieneinteilung Sichtbarkeit Parodontalspalt (Quelle: Olze et al 2010)

Um auch bei retinierten Zähnen und unabhängig von der Zahnentwicklungsphase auf ein Ergebnis zu kommen, wurde die Stadieneinteilung nach Olze modifiziert angewendet. Umgeben ist der Parodontalspalt von einer feinen opaken Linie, die als Lamina Dura bezeichnet wird. Dieser radiologische Terminus kann bei Zähnen mit beginnender Wurzelentwicklung sowie bei vollständig mineralisierten Zähnen angewendet werden.



Abbildung 7: Röntgen Anatomie (Quelle: UKE)

3.4. Knochenabbau

Olze et al. (2004b) untersuchten den parodontalen Knochenabbau an den zweiten Prämolaren aller vier Quadranten mithilfe einer vierstufigen Stadieneinteilung. Die Stadien wurden folgendermaßen definiert:

Tabelle 4: Stadieneinteilung Parodontaler Knochenabbau (Olze et. al. 2004b)

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

Die Stadieneinteilung wurde modifiziert und anstelle des Prämolaren auf die unteren zweiten und dritten Molaren angewendet.

3.5. Weisheitszahneruption

Zur Beurteilung des Eruptionsstandes wurde folgende Stadieneinteilung, entwickelt von Olze et al. (2007), gewählt

Tabelle 5: Stadieneinteilung Weisheitszahneruption (Olze et al. 2007)

Stadium 1	Zahn ist nicht durchgebrochen Bedeckung der Okklusalfäche mit alveolärem Knochen
Stadium 2	Zahn ist teilweise durchgebrochen nur zum Teil mit Knochen bedeckt
Stadium 3	Zahn ist nicht mehr von Knochen bedeckt die Okklusionsebene ist noch nicht erreicht
Stadium 4	Zahn ist nicht mehr von Knochen bedeckt und befindet sich auf Okklusionsebene
Stadium 5	Zahn ist nicht mehr von Knochen bedeckt und hat die Okklusionsebene überschritten = Elongation

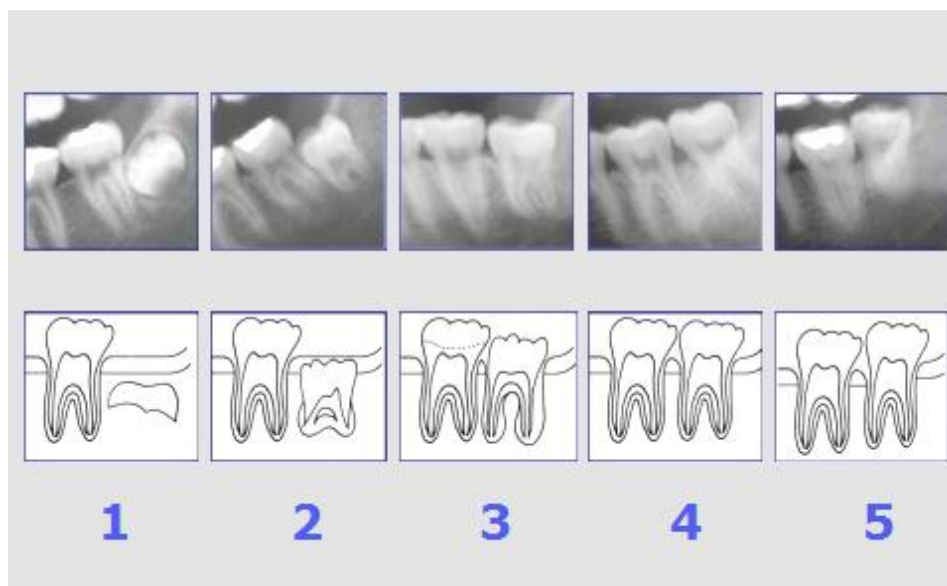


Abbildung 8: Eruptionsstadien (Quelle: Olze et al 2007)

3.6. Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation

Zur Untersuchung der Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation wurde die Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973) verwendet.

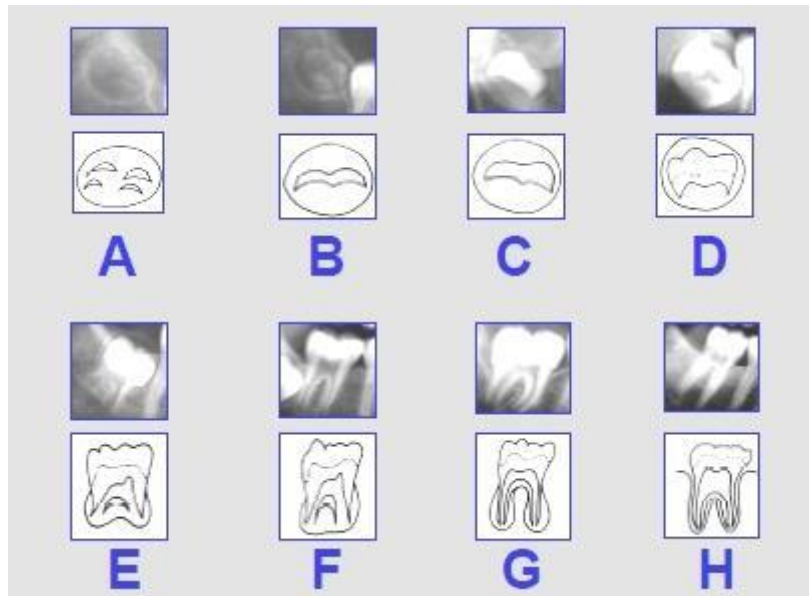


Abbildung 9: Stadien der Zahnmineralisation (Quelle: Demirjian et. al 1973)

3.7. Statistische Methodik

In Tabellenform werden für die Einflussgrößen in den unterschiedlichen Ausprägungen Mittelwerte, Standardabweichungen und die drei zentralen Quartile geschichtet nach Geschlecht angegeben. In der zentralen Analyse wurde ein varianzanalytisches Modell unter Berücksichtigung der Individuen (Patienten), mit sämtlichen Haupteffekten und den signifikanten Zweifachwechselwirkungen berechnet; die nicht signifikanten Zweifachwechselwirkungen wurden bei Insignifikanz aus dem Modell entfernt. Des weiteren wurden stratifizierte Modelle nach Geschlecht für die Haupteffekte und eine signifikante und aus klinischer Überlegung heraus spezifizierter Wechselwirkung gerechnet, resultierend in je einem Modell pro Geschlecht. Die Signifikanzgrenze wurde bei 5% festgelegt. Es wurde keine Anpassung für multiples Testen vorgenommen. Die statistische Auswertung

der Daten wurde mit dem Programm SPSS Version 22 für Windows und der frei verfügbaren Statistiksoftware R 3.1.2 [R Core Team, 2014] durchgeführt.

4. Ergebnisse

Da sich sowohl univariant als auch multivariant keine nennenswerten bzw. keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen 38 und 48 zeigten, wurde für die Vorhersage des Alters der Patienten die Informationen von beiden Zähnen gleichwertig in den Modellen berücksichtigt und nicht hinsichtlich des konkreten Zahn zwischen ihnen unterschieden. Es wurde auf Patientenebene der arithmetische Mittelwert der beiden untersuchten Zähne gebildet, sodass für ein untersuchtes Bild mit zwei Zähnen lediglich ein (mittlerer) Wert der potentiell zwei Datenpunkte eingeht.

4.1. Parodontalspalt

Die Tabelle 6 zeigt die statistischen Maßzahlen für die zuvor definierten Parodontalspaltstadien nach Olze et. al. 2010 bezogen auf Lebensalter und Geschlecht für die Zähne 38 und 48.

Tabelle 6: Statistische Maßzahlen, Merkmal Sichtbarkeit des PA – Spalts
Zähne 38 und 48

Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ = Unteres Quartil, OQ = Oberes Quartil

PA	Sex	MW	SA	UQ	OQ	Median
1	männlich	18,61	2,69	16,00	21,00	18,00
	weiblich	18,39	2,64	16,00	20,00	18,00
2	männlich	19,49	2,61	17,00	22,00	19,00
	weiblich	19,44	2,70	17,00	22,00	19,50
3	männlich	19,64	2,86	17,00	22,00	20,00
	weiblich	20,15	2,75	18,00	22,50	21,00
4	männlich	20,22	2,82	18,00	23,00	20,00
	weiblich	20,70	2,57	19,00	23,00	21,00

Die Abbildung 10 veranschaulicht die in Tabelle 6 aufgeführten Ergebnisse grafisch.

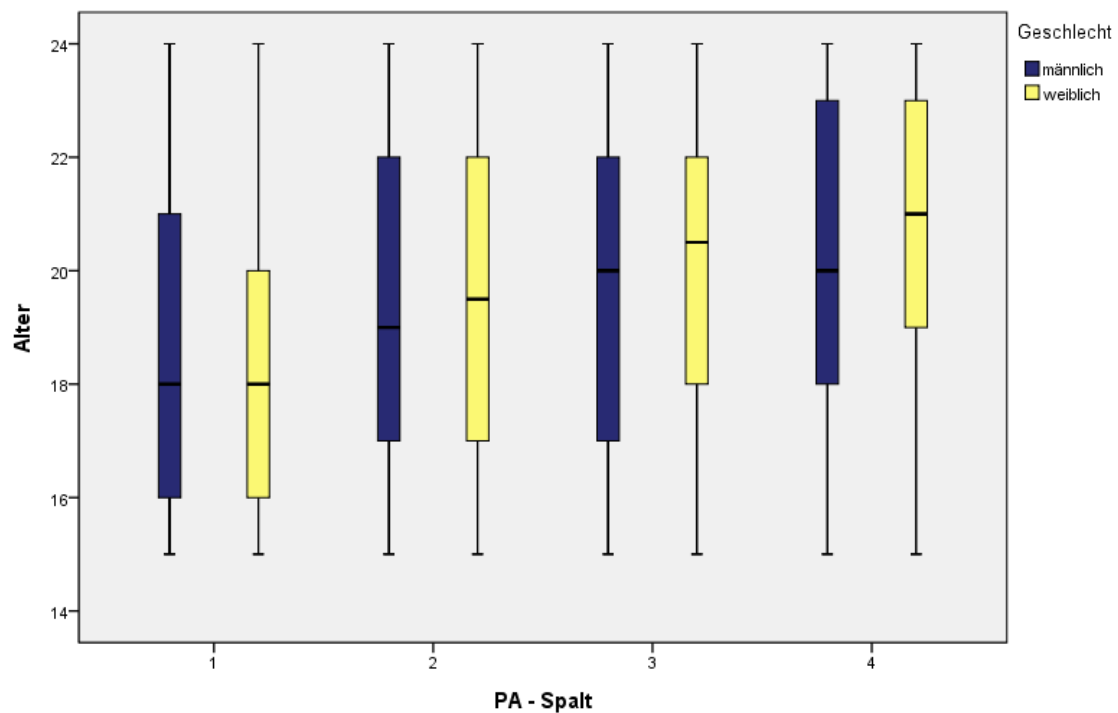


Abbildung 10: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium Sichtbarkeit des PA – Spalts. Zahn 38 und 48

Im Bereich der Stadien 3 und 4 zeigten die weiblichen Patienten gegenüber den männlichen Patienten eine Entwicklungsverzögerung im Mittel von 0,5 Jahren.

Im Gegenzug dazu zeigten die Frauen einen minimalen Vorsprung von im Mittel 0,1 Jahren beim Erreichen der Stadien 1 und 2.

4.2. Knochenabbau

Die Tabelle 7 zeigt die statistischen Maßzahlen für die Stadieneinteilung des Knochenabbaus modifiziert nach Olze et al. (2004b) bezogen auf Lebensalter und Geschlecht.

Tabelle 7: Statistische Maßzahlen, Merkmal Knochenabbau

Zähne 38 und 48

Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ – Unteres = Unteres Quartil, OQ = Oberes Quartil

Knochenabbau	Sex	MW	SA	UQ	OQ	Median
0	männlich	19,83	2,81	17,00	22,00	20,00
	weiblich	19,81	2,83	17,00	22,00	20,00
1	männlich	19,13	2,88	16,00	22,00	19,00
	weiblich	19,15	2,72	17,00	21,00	19,00
2	männlich	19,06	2,64	17,00	21,00	19,00
	weiblich	18,19	2,58	16,00	20,00	18,00
3	männlich	18,52	1,95	17,00	19,00	18,00
	weiblich	17,58	2,06	16,00	18,00	18,00

Die Abbildung 11 veranschaulicht die in Tabelle 7 aufgeführten Ergebnisse grafisch.

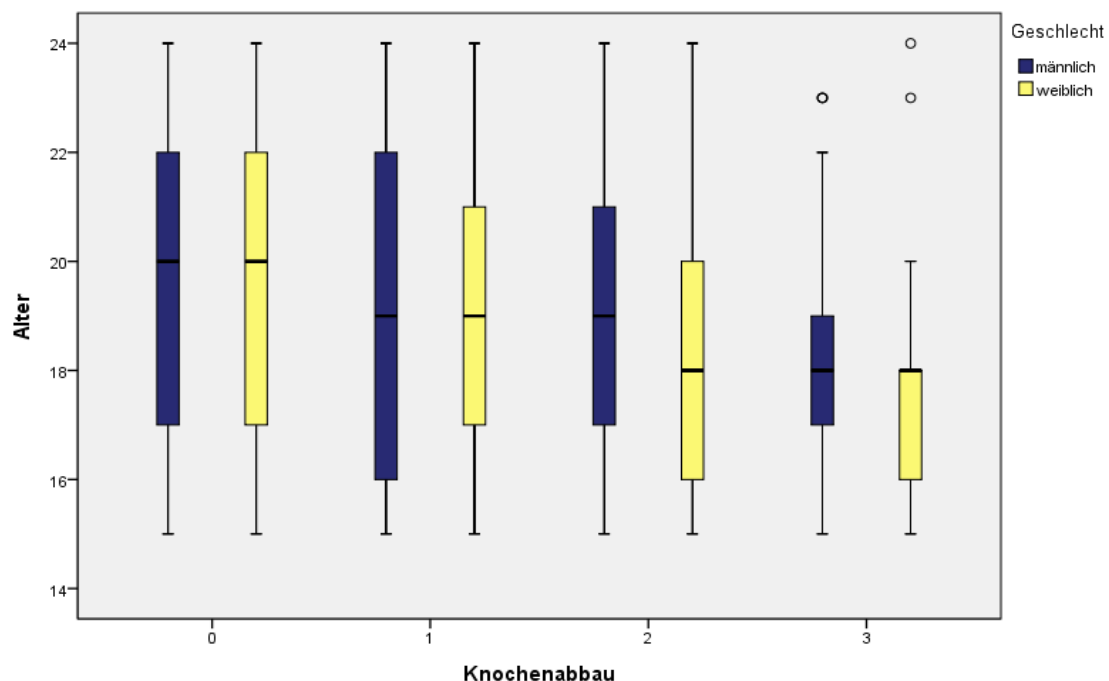


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium des Knochenabbaus. Zahn 38 und 48

Zunächst wurde auch hier die generelle Altersverteilung des Knochenabbaus untersucht, führte aber zu keinen aussagekräftigen Ergebnissen, bezogen auf den Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und den Knochenabbaustadien.

Die statistischen Maßzahlen in Tabelle 10 (siehe Kapitel 4.5. Multivariate Analyse mit einem Mixed Modell) bestätigen, den univariaten Eindruck, dass das Kriterium Knochenabbau nahezu keine Aussage hinsichtlich des Alters zulässt. Multivariant betrachtet ist das Kriterium auch nicht signifikant.

4.3. Weisheitszahneruption

Die Tabelle 8 zeigt die statistischen Maßzahlen für die Stadieneinteilung nach Olze et al. (2007), bezogen auf Lebensalter und Geschlecht.

Tabelle 8: Statistische Maßzahlen, Merkmal Weisheitszahneruption

Zähne 38 und 48

Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ – Unterer = Unterer Quartil, OQ = Oberer Quartil

Weisheitszahneruption	Sex	MW	SA	UQ	OQ	Median
1	männlich	17,84	2,90	15,00	20,00	17,00
	weiblich	17,25	2,14	16,00	18,00	17,00
2	männlich	18,92	2,96	16,00	23,00	19,00
	weiblich	18,10	2,76	16,00	22,00	17,00
3	männlich	19,54	2,63	17,00	22,00	19,00
	weiblich	19,65	2,56	18,00	22,00	20,00
4	männlich	19,85	2,79	17,00	22,00	20,00
	weiblich	20,73	2,49	19,00	23,00	21,00
5	männlich	20,05	2,68	18,00	22,00	20,00
	weiblich	20,50	2,49	19,00	23,00	20,00

Die Abbildung 12 veranschaulicht die in Tabelle 8 aufgeführten Ergebnisse grafisch.

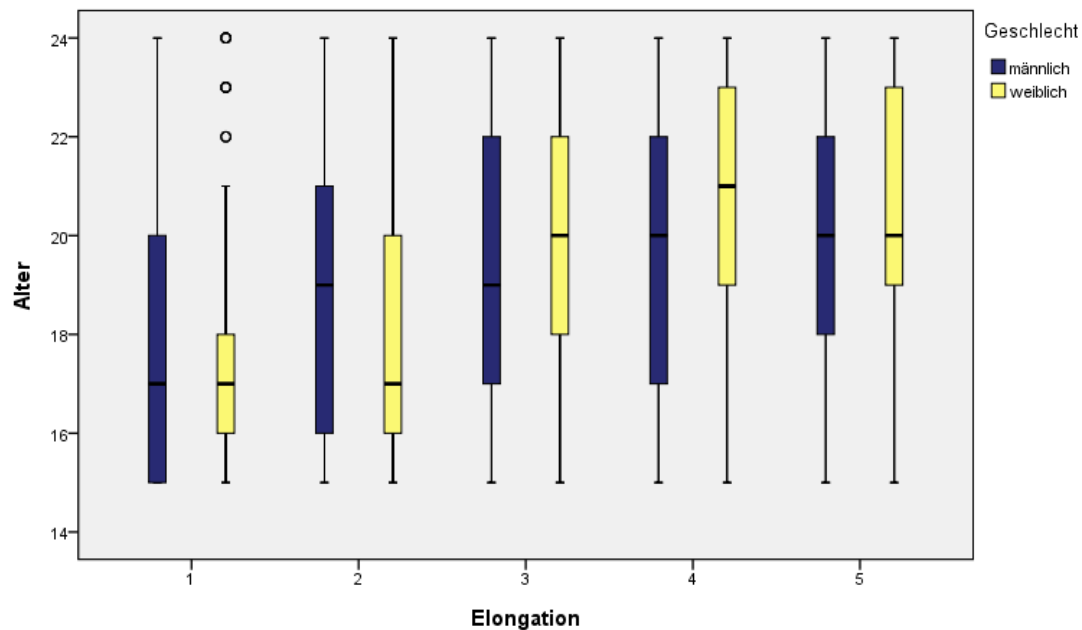


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium der Weisheitszahneruption. Elongation = Weisheitszahneruption Zahn 38 und 48.

Im Bereich der Durchbruchsstadien 1 und 2 zeigten weiblichen gegenüber männlichen Patienten im Mittel einen Entwicklungsvorsprung von 0,7 Jahren. Bei den Stadien 3, 4 und 5 konnte hingegen eine Entwicklungsverzögerung der Frauen um im Mittel 0,5 Jahren festgestellt werden.

50% der Männer mit Weisheitszähnen in der Kauebene (Stadium 4) wiesen ein Alter von 20 Jahren auf. Frauen erreichten im Alter von 21 Jahren den 50% - Wert.

Bei Erreichen des Stadiums 5, Elongation, wobei der Weisheitszahn die Kauebene überschreitet, waren die männlichen Patienten im Mittel 20 Jahre und die weiblichen 21 Jahre alt.

4.4. Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation

Die Tabelle 9 zeigt die statistischen Maßzahlen für die Stadieneinteilung nach Demirjian et al. (1973) bezogen auf Lebensalter und Geschlecht.

Tabelle 9: Statistische Maßzahlen, Merkmal Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation

Zähne 38 und 48

Sex = Geschlecht, MW = Mittelwert, UQ = Unteres Quartil, OQ = Oberes Quartil

Wurzelentwicklung	Sex	MW	SA	UQ	OQ	Median
A	männlich	-	-	-	-	-
	weiblich	-	-	-	-	-
B	männlich	17,00	2,83	15,00	17,00	17,00
	weiblich	15,91	1,45	15,00	17,00	15,00
C	männlich	17,42	2,54	15,00	19,00	17,00
	weiblich	16,90	1,79	15,25	18,00	17,00
D	männlich	16,45	2,03	15,00	17,75	16,00
	weiblich	16,88	1,97	15,00	18,00	16,00
E	männlich	17,75	2,51	15,00	19,00	17,50
	weiblich	17,44	2,11	16,00	19,00	17,00
F	männlich	20,53	2,37	19,00	23,00	21,00
	weiblich	19,98	2,44	18,00	22,00	20,00
G	männlich	19,92	2,67	18,00	22,00	20,00
	weiblich	20,07	2,66	18,00	22,00	20,00
H	männlich	18,92	2,92	16,00	22,00	18,00
	weiblich	20,45	2,95	18,00	23,00	21,00

Die Abbildung 13 veranschaulicht die in Tabelle 9 aufgeführten Ergebnisse grafisch.

1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E, 6 = F, 7 = G, 8 = H

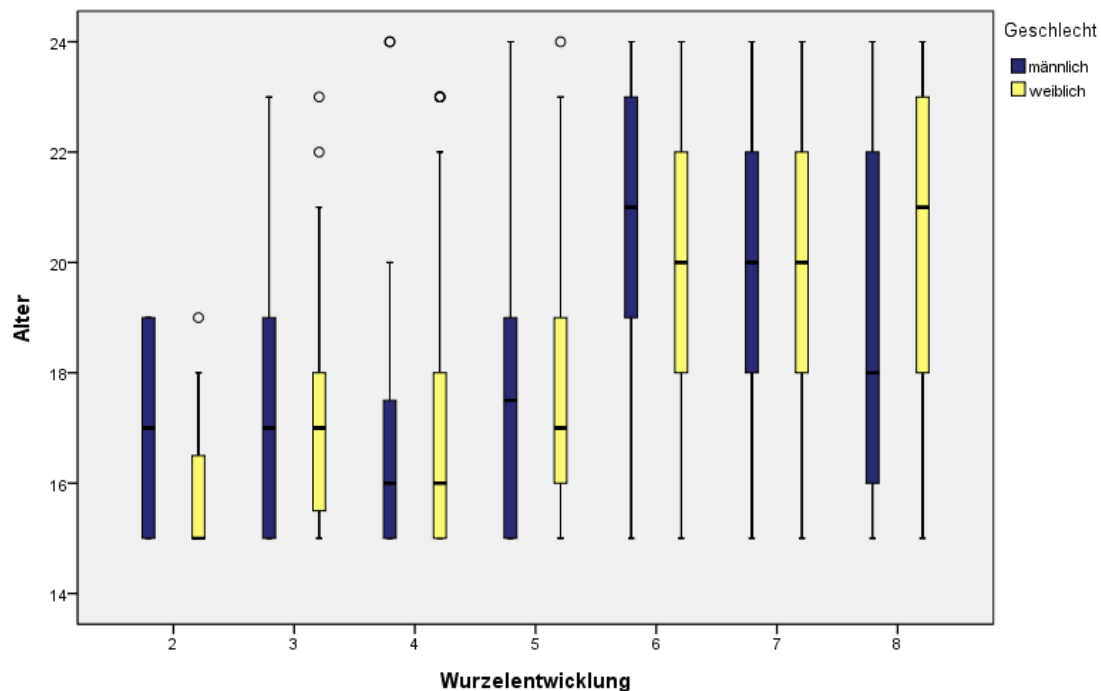


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium der Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation. Zahn 38 und 48. 1 = A, 2 = B, 3 = C, 4 = D, 5 = E, 6 = F, 7 = G, 8 = H

Bei den Wurzelentwicklungsstadien zeigen die weiblichen Patienten in den meisten Stadien einen durchschnittlichen Entwicklungsvorsprung von 0,6 Jahren. Die männlichen Patienten erreichen jedoch die vollendete Wurzelentwicklung (Stadium 8) im Durchschnitt 1,5 Jahre früher.

Abgesehen von dem Parameter Knochenabbau, ist erkennbar, dass ein Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und dem jeweiligen Stadium der ausgewerteten Parameter besteht. Im Folgenden wurde anhand eines Mixed Models eine Prognosetabelle erstellt.

4.5. Multivariate Analyse mit einem Mixed Modell

In der multivariaten Betrachtung im Hinblick auf das tatsächliche Alter der Probanden unter Berücksichtigung der Zusammenhänge innerhalb der einzelnen Röntgenbilder, ergab sich folgende Prognosetabelle. Im Ausgangsmodell wurden initial sämtliche Haupteffekte und Zweifach-Wechselwirkungen berücksichtigt und bei Insignifikanz sukzessive entfernt. Die vier Haupteffekte wurden aus inhaltlichen Überlegungen, unabhängig von der Einhaltung des Signifikanzniveaus, im Modell belassen. Die Effekt-Schätzer des finalen Modells werden mit p-Werten und 95%-Konfidenzbereich berichtet.

Es zeigten sich folgende signifikante Einflussgrößen ($p < 0,05$) pro Stadium: PA – Spalt, Weisheitszahneruption und Wurzelentwicklung. Der Knochenabbau zeigt sich als insuffizient. Ein additiver Faktor ergibt sich für das männliche Geschlecht, PA – Spalt pro Stadium, Weisheitszahneruption pro Stadium, Wurzelentwicklung pro Stadium. Signifikant korrigierend wirkt sich die Wechselwirkung zwischen Weisheitszahneruption und Wurzelentwicklung aus, wenn beide Variablen gleichzeitig ansteigen.

Tabelle 10: Statistische Maßzahlen: Mixed Model mit Zielgröße Alter sämtlichen Haupteffekten und drei Zweifach-Wechselwirkungen

KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze

Parameter	Schätzung	p- Wert	95%- KI	
			UG	OG
Konstanter Term	17,84	< 0,001	17,47	18,20
Männliches Geschlecht	+1,00	< 0,001	0,61	1,40
PA – Spalt pro Stadium	+0,04	< 0,001	0,02	0,06
Weisheitszahneruption pro Stadium	+0,28	< 0,001	0,18	0,39
Wurzelentwicklung pro Stadium	+0,19	< 0,001	0,14	0,25
Knochenabbau pro Stadium	-0,01	0,280	-0,04	0,01
Männliches Geschlecht · Weisheitszahneruption	-0,08	0,006	-0,13	-0,04
Männliches Geschlecht · Wurzelentwicklung	-0,12	< 0,001	-0,16	-0,07
Weisheitszahneruption · Wurzelentwicklung	-0,03	0,003	-0,04	-0,01

Aus der oben genannten Tabelle ergeben sich somit geschlechtsspezifisch abweichende Rechenwege, um jeweils das Alter einer unbekannten Person anhand der vier erhobenen Parameter zu bestimmen:

Für die weiblichen Probanden:

$$\begin{aligned} & 17,84 + \text{patientenindividueller Term} \\ & + 0,04 \cdot \text{PA-Stadium} \\ & + 0,28 \cdot \text{Weisheitszahneruption-Stadium} \\ & + 0,19 \cdot \text{Wurzelentwicklung-Stadium} \\ & - 0,01 \cdot \text{Knochenabbau-Stadium} \\ & - 0,03 \cdot \text{Weisheitszahneruption-Stadium} \cdot \text{Wurzelentwicklung-Stadium} \\ & = \text{Prognose für das Alter in Jahren} \end{aligned}$$

Für die männlichen Probanden:

$$\begin{aligned} & 18,84 + \text{patientenindividueller Term} \\ & + 0,04 \cdot \text{PA-Stadium} \\ & + 0,20 \cdot \text{Weisheitszahneruption-Stadium} \\ & + 0,07 \cdot \text{Wurzelentwicklung-Stadium} \\ & - 0,01 \cdot \text{Knochenabbau-Stadium} \\ & - 0,03 \cdot \text{Weisheitszahneruption-Stadium} \cdot \text{Wurzelentwicklung-Stadium} \\ & = \text{Prognose für das Alter in Jahren} \end{aligned}$$

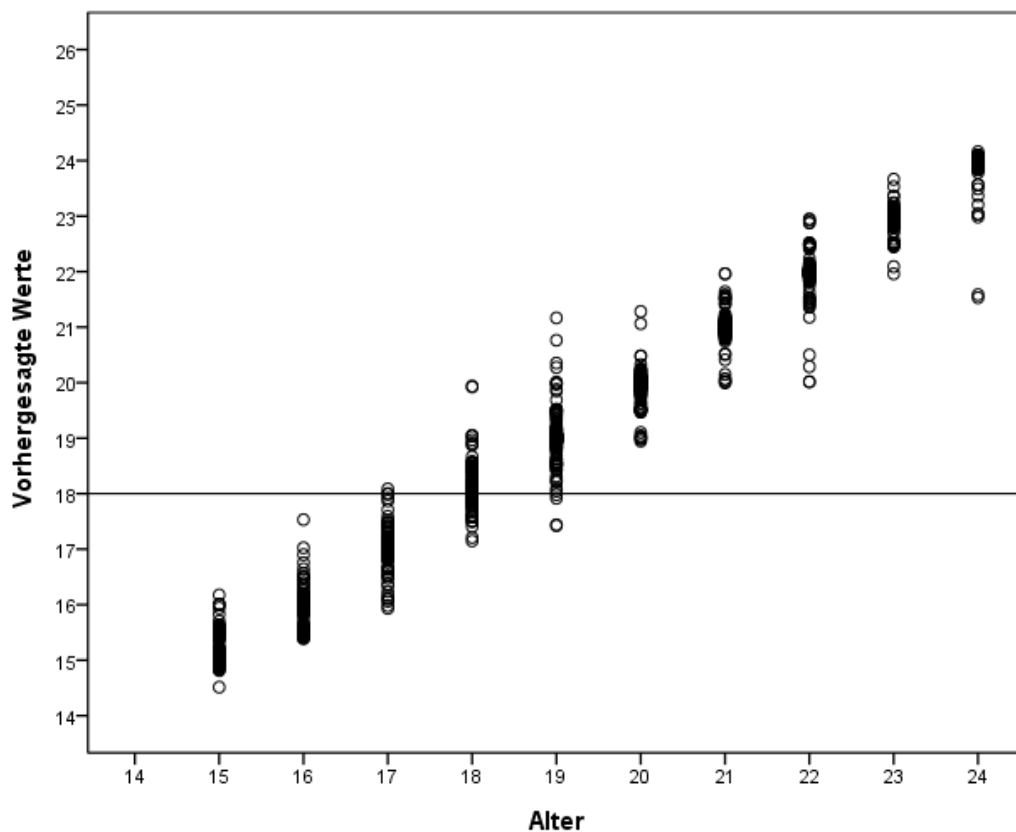


Abbildung 14: Grafische Darstellung: Prognostiziertes Alter und reales Alter

In Abbildung 14 werden die mit Hilfe des Mixed Modells vorhergesagten Werte dem tatsächlichen Alter gegenüber dargestellt. Die Grafik bestätigt die Güte des Prognosemodells. Patienten welche mindestens 20 Jahre alt sind, werden auch von dem Mixed Modell zuverlässig als volljährig (18 Jahre oder älter) erkannt. Desweiteren lässt sich die Streuung innerhalb eines Alters sehr gut einschätzen.

Die in Tabelle 10 aufgeführte Prognosetabelle gilt für Patienten zwischen 18 und 19 Jahren. Wenn das wahre Alter des konkreten Patienten zum Zeitpunkt der Untersuchung des Bildes bekannt war, so kann die Entwicklung des Zahnbildes über die Zeit extrapoliert werden. Mit Hilfe der Prognosetabelle kann man den Altersgang innerhalb eines Probanden somit prognostizieren.

Der konstante Term muss hier um einen Random Term für die Abweichung des konkreten Patienten korrigiert werden.

Tabelle 11: Mittlere Random-Terme der Probanden nach Altersgruppen 15 – 24 Jahre

MW = Mittelwert, SA = Standardabweichung, SE = Standardfehler

Altersgruppe	MW	SA	SE
15	-4,2	0,33	0,02
16	-3,41	0,31	0,02
17	-2,4	0,35	0,03
18	-1,38	0,34	0,02
19	-0,49	0,33	0,02
20	0,44	0,27	0,02
21	1,45	0,22	0,02
22	2,42	0,3	0,02
23	3,38	0,19	0,01
24	4,32	0,27	0,02

Tabelle 11 zeigt die mittleren Werte um die der Schätzer korrigiert werden muss, um ein Alter prognostizieren zu können. Das Mixed Model setzt also voraus, dass eine Schätzung über das Alter des Patienten bereits bekannt ist.

4.6. Analyse mit Hilfe eines multivariaten Regressionsmodells

Eine Analyse hinsichtlich des gänzlich unbekannten Patientenalters ergab folgende Prognosetabelle:

Tabelle 12: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell ohne Wechselwirkung auf die Zielgröße Alter

KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze

Parameter	Schätzung	p- Wert	95%- KI	
			UG	OG
Konstanter Term	16,28	< 0,0001	15,59	16,97
Weibliches Geschlecht	0,35	0,005	0,10	0,59
PA – Spalt pro Stadium	0,54	< 0,0001	0,40	0,68
Knochenabbau pro Stadium	-0,60	< 0,0001	-0,78	-0,42
Weisheitszahneruption pro Stadium	0,63	< 0,0001	0,47	0,79
Wurzelentwicklung pro Stadium	0,014	0,843	-0,12	0,15

Die Maßzahlen in der Tabelle 12 beschreiben ein Prognosemodell zur Schätzung des Alters eines Patienten. In Abbildung 14 werden die vorhergesagten Werte dem tatsächlichem Alter gegenüber gestellt.

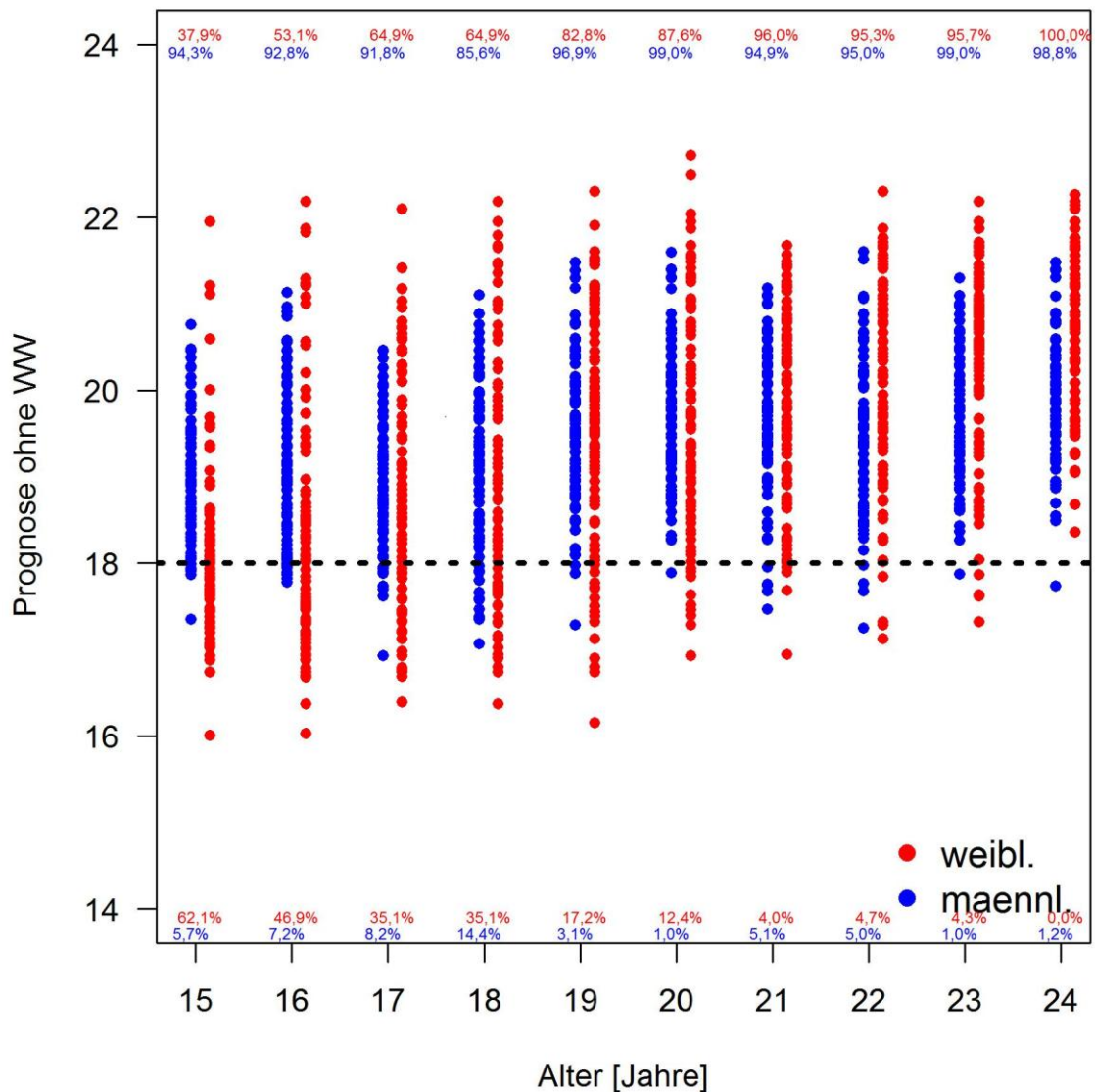


Abbildung 15: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models ohne Wechselwirkungen sowie Prozentsätze der hinsichtlich Volljährigkeit richtig prognostizierten Werte

Das Model, welches allein durch die vier Parameter und dem Geschlecht errechnet wurde, weist keine hohe Genauigkeit auf. Zur Verbesserung der Schätzung werden Zusammenhänge innerhalb der einzelnen Röntgenbilder berücksichtigt. Initial

wurden sämtliche Haupteffekte und Zweifach-Wechselwirkungen berücksichtigt und bei Insignifikanz sukzessive entfernt.

Tabelle 13: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell mit Wechselwirkungen auf die Zielgröße Alter

KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze

Parameter	Schätzung	p- Wert	95%- KI	
			UG	OG
Konstanter Term	10,75	< 0,0001	8,89	12,62
Weibliches Geschlecht	-2,72	< 0,0001	-4,03	-1,41
PA – Spalt pro Stadium	0,39	< 0,0001	0,26	0,53
Knochenabbau pro Stadium	-0,70	< 0,0001	-0,96	-0,45
Wurzelentwicklung pro Stadium	1,05	< 0,0001	0,73	1,38
Weisheitszahneruption pro Stadium	3,78	< 0,0001	3,16	4,41
Weibliches Geschlecht · Knochenabbau pro Stadium	-0,60	0,0007	-0,94	-0,25
Weibliches Geschlecht · Wurzelentwicklung pro Stadium	0,52	< 0,0001	0,33	0,72
Weisheitszahneruption pro Stadium · Wurzelentwicklung pro Stadium	-0,50	< 0,0001	-0,60	-0,41

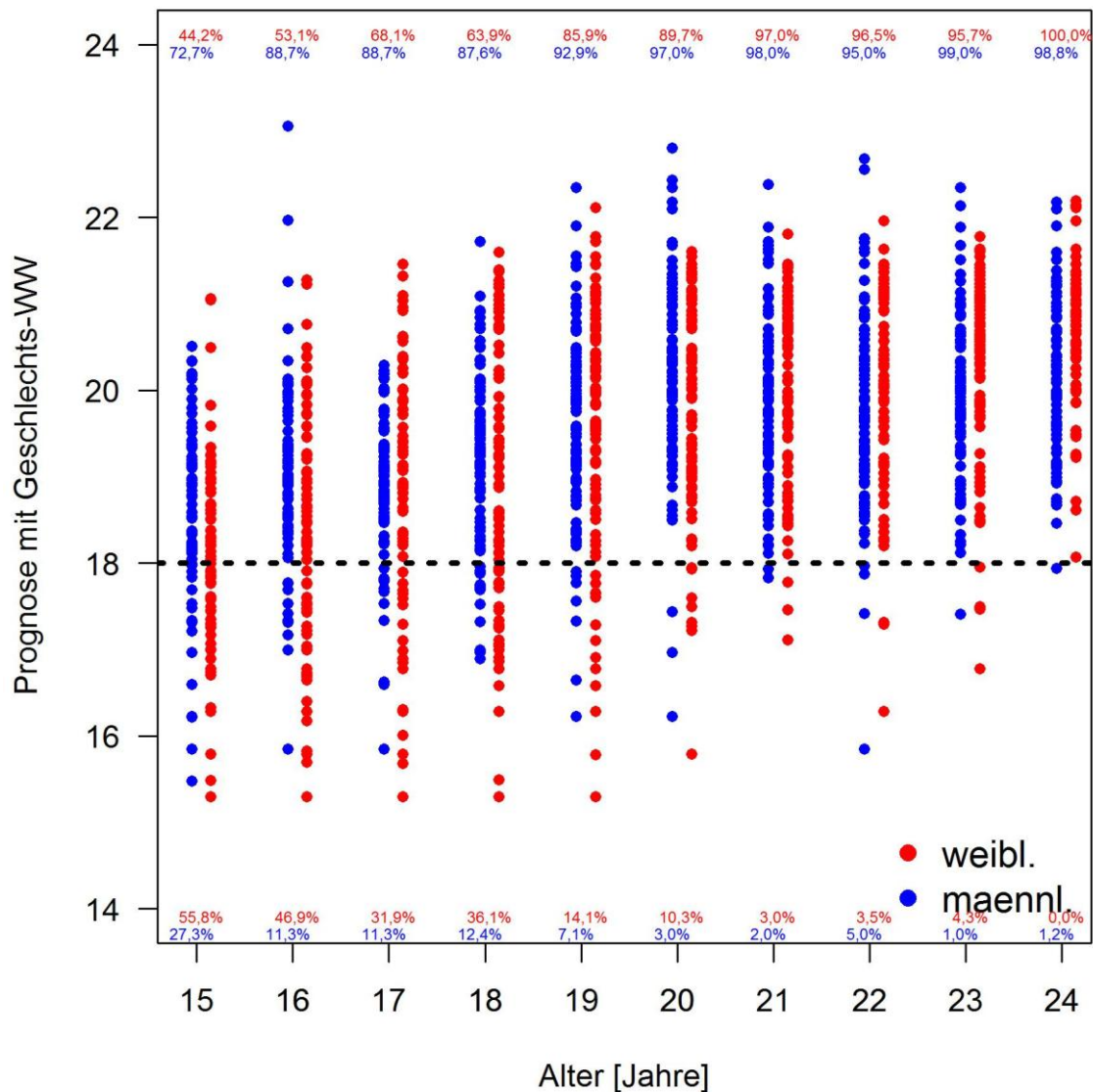


Abbildung 16: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models mit Wechselwirkungen sowie Prozentsätze der hinsichtlich Volljährigkeit richtig prognostizierten Werte

Tabelle 13 und die dazugehörige Abbildung 16 zeigen eine verbesserte Prognosetabelle mit Hilfe von Wechselwirkungen der Parameter untereinander. Patienten über 20 Jahre können mit leicht erhöhter Sicherheit im Vergleich zu dem Modell ohne Wechselwirkungen als Volljährig erkannt werden.

Eine genauere Schätzung wird zusätzlich ermöglicht, wenn die Geschlechter in zwei einzelnen Modellen voneinander getrennt werden.

Tabelle 14: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell für das männliche Geschlecht mit einer Wechselwirkung
KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze

Parameter	Schätzung	p- Wert	95%- KI	
			UG	OG
Konstanter Term	8,45	<0.0001	5,84	11,07
PA - Spalt pro Stadium	0,42	<0.0001	0,22	0,61
Knochenabbau pro Stadium	-0,75	<0.0001	-1,02	-0,47
Weisheitszahneruption pro Stadium	4,75	<0.0001	3,78	5,71
Wurzelentwicklung pro Stadium	1,38	<0.0001	0,93	1,83
Weisheitszahneruption pro Stadium · Wurzelentwicklung pro Stadium	-0,64	<0.0001	-0,78	-0,49

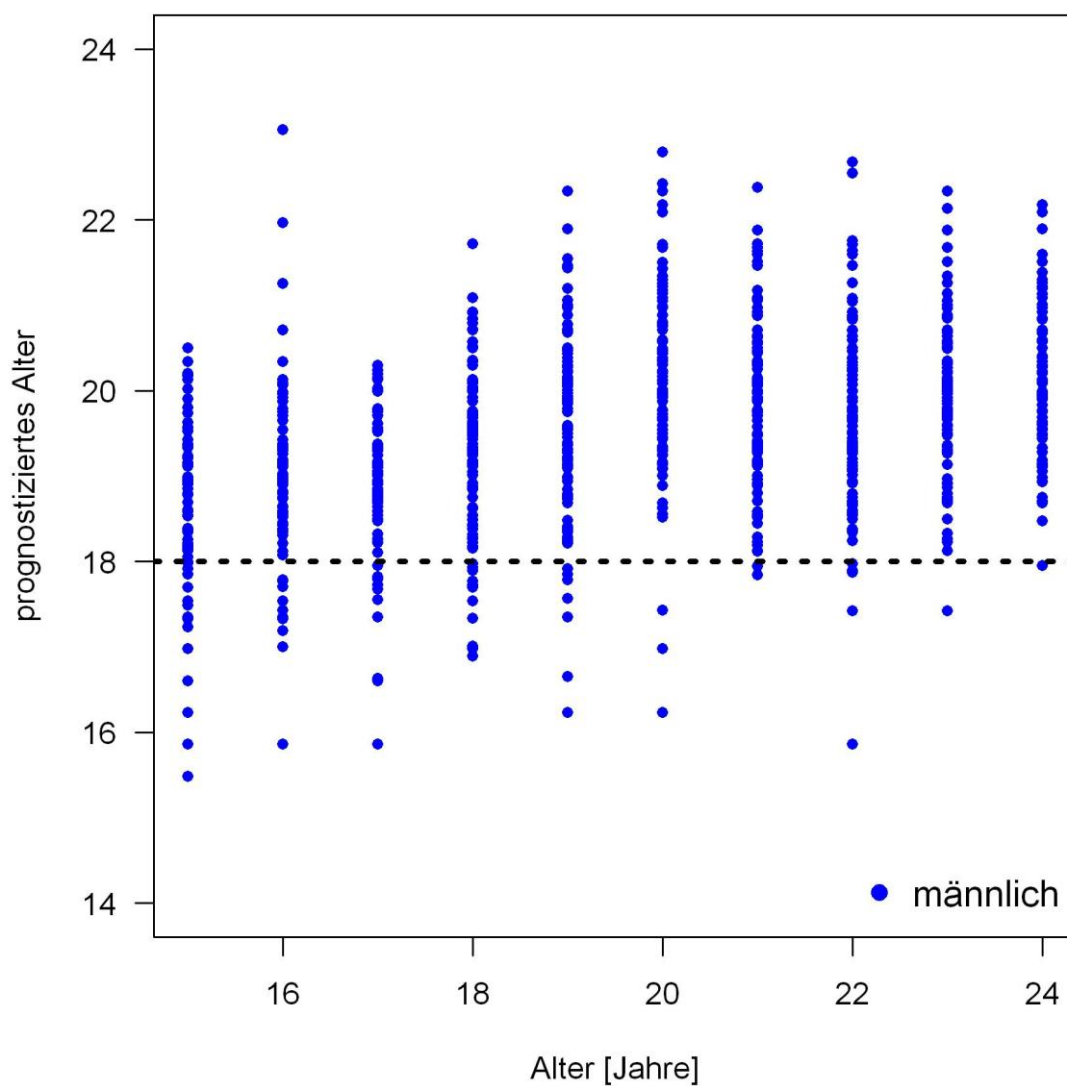


Abbildung 17: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models mit einer Wechselwirkung für das männliche Geschlecht

Tabelle 15: Statistische Maßzahlen: Multivariates Regressionsmodell für das weibliche Geschlecht mit einer Wechselwirkung

KI = Konfidenzintervall, UG = Untere Grenze, OG = Obere Grenze

Parameter	Schätzung	p- Wert	95%- KI	
			UG	OG
Konstanter Term	9,49	<0.0001	7,64	11,35
PA – Spalt pro Stadium	0,36	0,0002	0,17	0,54
Knochenabbau pro Stadium	-1,21	<0.0001	-1,47	-0,96
Weisheitszahneruption pro Stadium	2,98	<0.0001	2,18	3,78
Wurzelentwicklung pro Stadium	1,37	<0.0001	1,00	1,74
Weisheitszahneruption pro Stadium · Wurzelentwicklung pro Stadium	-0,39	<0.0001	-0,51	-0,26

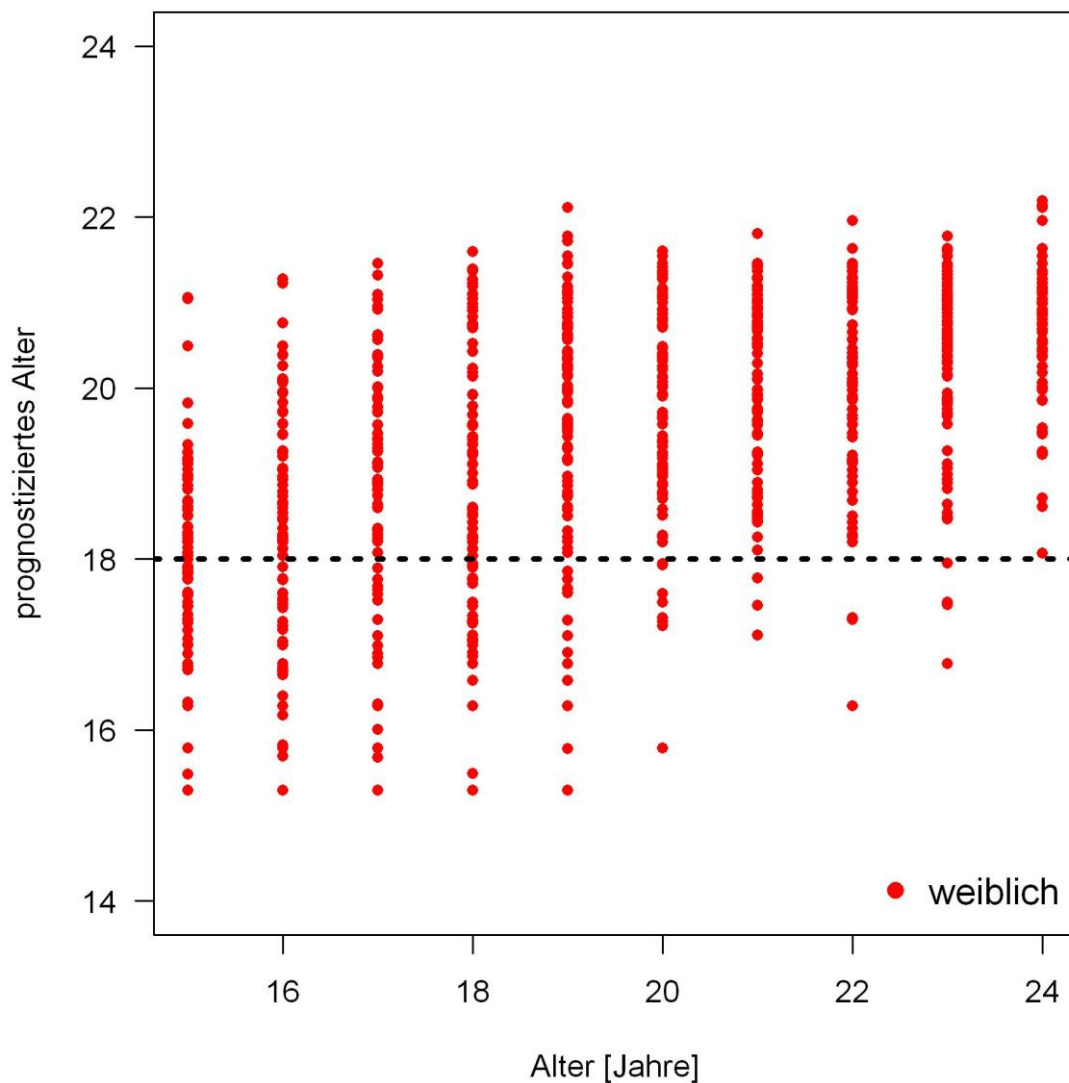


Abbildung 18: Prognostiziertes Alter und wahres Alter des Models mit einer Wechselwirkung für das weibliche Geschlecht

Die jeweiligen Diagramme zu den separaten Prognosemodellen für das männliche und weibliche Geschlecht verdeutlichen den Altersunterschied für den Konstanten Term. Eine exaktere Schätzung für das Patientenalter kann durch Bestimmung des Geschlechtes und Anwendung der geschlechtsspezifischen Prognosetabellen erreicht werden.

4.7. ROC Analyse

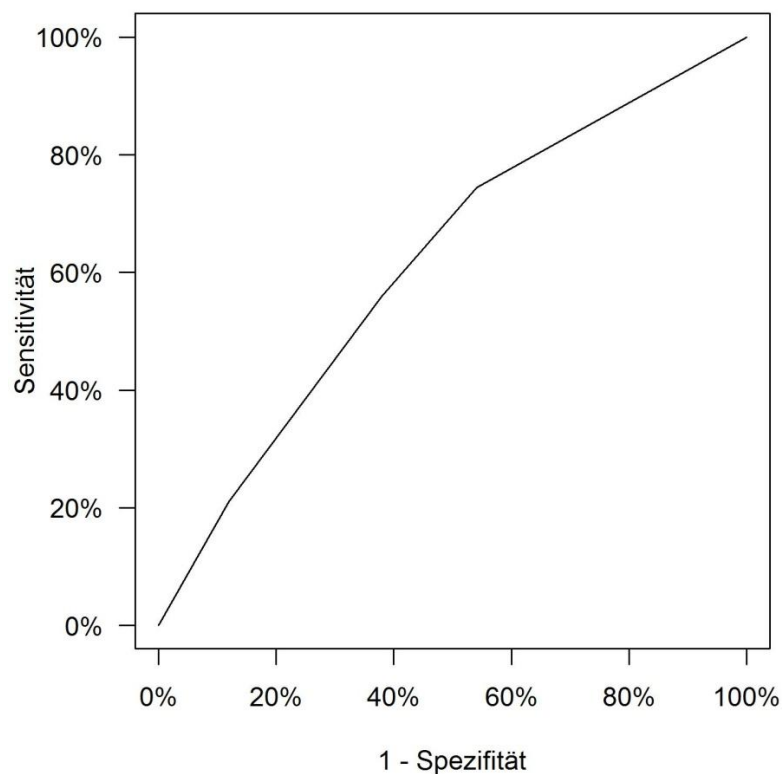


Abbildung 19: ROC Kurve hinsichtlich der Sichtbarkeit PA – Spalt mit der Zielgröße Volljährigkeit, Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48

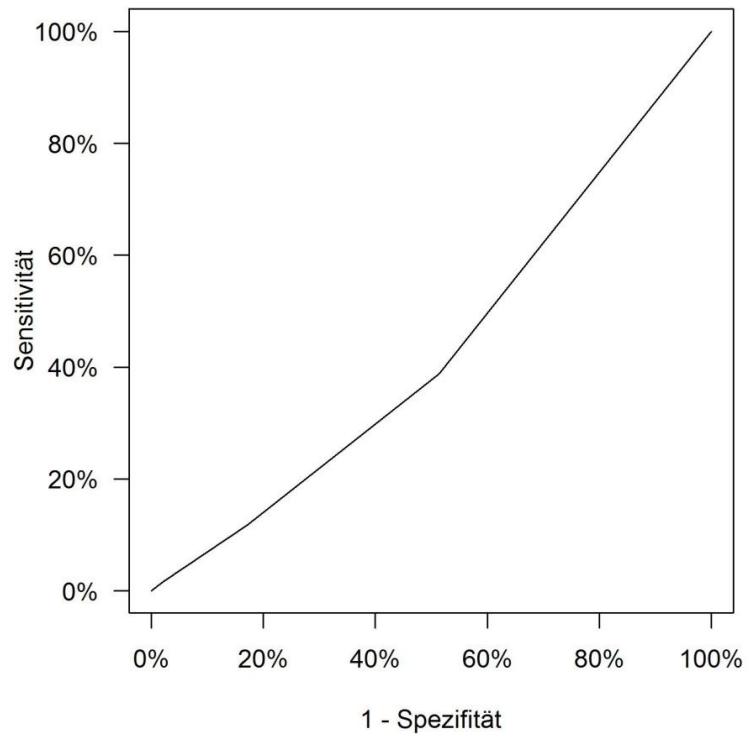


Abbildung 20: ROC Kurve hinsichtlich des Knochenabbaus mit der Zielgröße Volljährigkeit, Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48

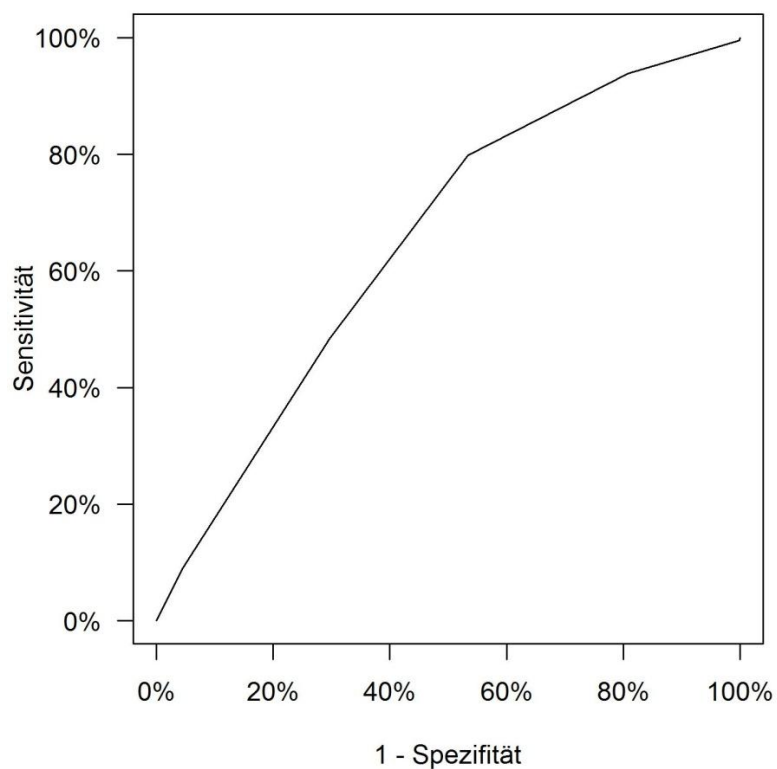


Abbildung 21: ROC Kurve hinsichtlich der Weisheitszahneruption mit der Zielgröße Volljährigkeit, Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48

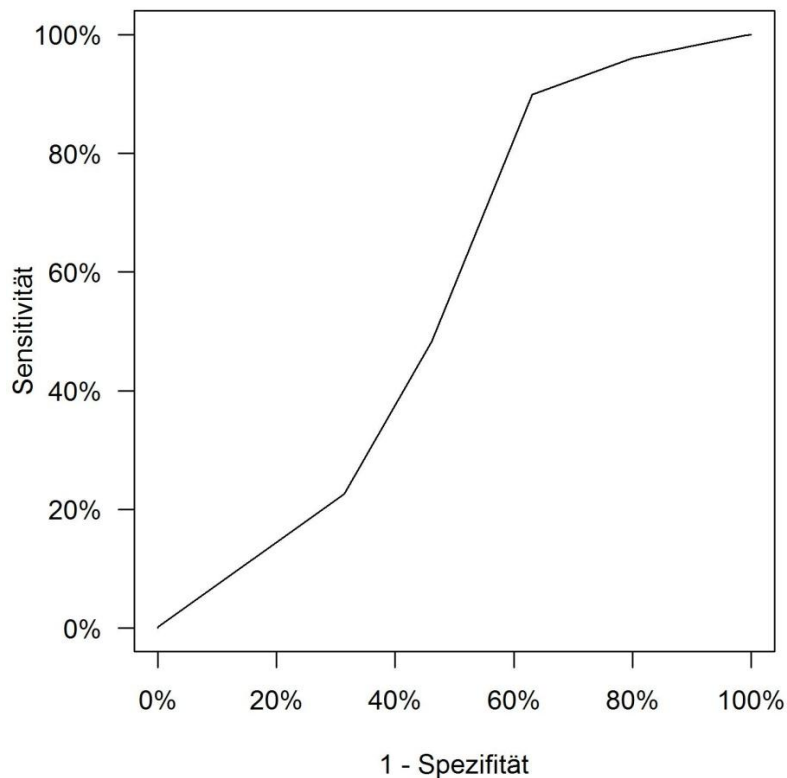


Abbildung 22: ROC Kurve hinsichtlich der Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation mit der Zielgröße: Volljährigkeit

Geschlecht: Männlich und Weiblich, Zahn 38 und 48

Tabelle 16: ROC Maßzahlen in Bezug zur Volljährigkeit

AUC = „Area – under – the - cuve“, Geschlecht: Männlich und Weiblich
Zahn 38 und 48

Variable	AUC	95%- Konfidenzintervall	
		Untergrenze	Obergrenze
PA - Spalt	0,62	0,60	0,64
Knochenabbau	0,43	0,41	0,45
Elongation	0,65	0,63	0,67
Wurzelentwicklung	0,56	0,54	0,58

Die ROC – Kurven der Abbildungen 15 - 18 wurden auf Basis der zur Verfügung stehenden Röntgenbilder unter Berücksichtigung des gesamten untersuchten Patientengutes mit der binären Zielgröße des für Fragestellung wichtigen Alters hinsichtlich der Volljährigkeit (18 Jahre) ohne Berücksichtigung des Geschlechtes erstellt. Die Abweichung des „area– under– the curve“ – Wertes von dem Wert 0,5 ist Ausdruck der prognostischen Güte des jeweiligen Parameters im Hinblick auf die

Volljährigkeit der Patienten. Die Ergebnisse der ROC-Kurven decken sich mit den Erwartungen, die sich nach den Darstellungen der Parameter in den jeweiligen Boxplots ergeben haben. Einzeln haben die Parameter nur eine sehr geringe Aussagekraft, durch Kombination der Parameter lässt sich diese erhöhen.

5. Diskussion

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, Chen et al. 2010), gerade vor dem sehr aktuellen Hintergrund der Altersschätzung von Migranten.

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. Laut Olze et al. (2004) ist der parodontale Knochenabbau als ergänzendes Kriterium für die forensische Altersdiagnostik geeignet. Die Sichtbarkeit des Parodontalspalt wurde von Olze et al. im Jahr 2010 als weiteres Merkmal zur Altersbestimmung bewertet.

5.1. Parodontalspalt

Olze et al. (2010b) untersuchten 1198 Orthopantomogramme von Probanden der Altersgruppe 15-40 Jahre hinsichtlich der Sichtbarkeit des Parodontalspalt von vollständig mineralisierten Zähnen 38 und 48 gemäß der in Tabelle 3 beschriebenen Einteilung (Stadium 1 = P0, Stadium 2 = P1, Stadium 3 = P2, Stadium 4 = P3). 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.

Tabelle 17: Stadieneinteilung Merkmal Sichtbarkeit Parodontalspalt - PAS (Olze et. al. 2010)

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

Bezugnehmend auf die Ergebnisse in dieser Arbeit kann geschlussfolgert werden, dass bei Erreichen des Stadiums P2 – P3 (modifiziert Stadium 3 und 4) mindestens ein Lebensalter von 18 Jahren erreicht wurde.

5.2. Knochenabbau

In den meisten Arbeiten zur Altersdiagnostik wurde der parodontale Knochenabbau zumeist in Kombination mit anderen Merkmalen untersucht (Gustafson 1950, Lamendin et al. 1992, Matsikidis et al. 1982, Solheim 1992 & 1993).

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 (siehe Kapitel 3.4. Tabelle 4). 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 betrugen die Mediane für alle untersuchten Zähne und beide Geschlechter mindestens 21 Jahre. Bei einem nachweisbaren parodontalen Knochenabbau war bei den Probanden somit die Vollendung des 21. Lebensjahrs überwiegend wahrscheinlich. Ein unteres Quartil von mindestens 21 Jahren trat regelmäßig ab dem Stadium 2 auf, das heißt, 75% der Untersuchten mit einem fortgeschrittenen parodontalen Knochenabbau waren mindestens 21 Jahre alt. Ein Stadium 3 wurde in der untersuchten Stichprobe bei Männern frühestens mit 25 Jahren festgestellt. Es handelte sich hierbei aber um ein seltenes Ereignis (3,7% der Fälle). Bei den untersuchten Frauen trat das Stadium 3 vereinzelt bereits mit 20 Jahren auf.

Als Ursache für die in der vorliegenden Untersuchung festgestellte, nicht unbeträchtliche interindividuelle Variation hinsichtlich der Ausprägung des parodontalen Knochenabbaus ist die multifaktorielle Genese der Parodontopathien zu diskutieren, wobei auch den Umweltfaktoren eine beträchtliche Rolle zukommt. So sind für die Ausbildung von Parodontopathien neben genetisch determinierten Immundefekten, systemischen Erkrankungen und Viren, auch bestimmte Gewohnheiten, wie der allgemeine Umgang mit Gesundheit, Rauchen, Alkoholkonsum und Medikationen, das soziale Umfeld sowie psychische Faktoren maßgeblich (Reichart 2000).

Bei der Interpretation der eigenen Ergebnisse lässt sich zunächst feststellen, dass es keinen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Lebensalter und den Knochenabbaustadien, modifiziert nach Olze, angewendet auf die unteren zweiten und dritten Molaren gibt. Dies ist vermutlich damit zu erklären, dass es mit dem Durchbruch der dritten Molaren zu einem (kurzzeitigen) Abbau des parodontalen Gewebes kommt. Durch den gingivalen Durchbruch der Weisheitszähne entstehen Nischen zwischen Zahnkrone und der zum Teil noch den durchbrechenden Zahn bedeckenden Schleimhaut, in denen sich supra- und vor allem subgingivale Plaques festsetzen und damit eine entzündliche Reaktion des Parodonts auslösen. Auf Dauer kommt es zu einem Attachmentverlust, der klinisch- röntgenographisch durch Taschenbildung ohne beziehungsweise mit Gingivarezession und Knochenabbau manifest wird (Merte 1992).

5.3. Weisheitszahneruption

Der Zahndurchbruch und hier insbesondere der Durchbruch der Weisheitszähne stellt oftmals die einzige valide Informationsquelle für eine forensisch- odontologische Altersschätzung dar, besonders in Fällen, bei denen keine Röntgenaufnahmen zur Altersdiagnostik herangezogen werden können.

In der Literatur finden sich einerseits radiologische Studien zur Weisheitszahneruption, andererseits wurde im Verlauf von klinischen Studien der zeitliche Ablauf der Weisheitszahneruption untersucht (Adler et al. 1962, Sillman 1964, Mattila und Haavikko 1969, Haavikko 1970, Rantanen 1967, Levesque et al. 1981, Müller 1983, Ventä et al. 1991, Ventä et al. 1999).

Haavikko (1970) untersuchte die Zahneruption und -mineralisation anhand von Orthopantomogrammen von 615 männlichen und 547 weiblichen Finnen im Alter von 2-21 Jahren. Die Weisheitszähne nahmen hier eine Sonderstellung ein, da sie lediglich hinsichtlich ihres alveolären Durchbruchs beurteilt werden konnten. Der alveoläre Durchbruch erfolgte im Mittel in einem Alter von 17,2 bis 18,1 Jahren und bei einer Standardabweichung von 3,9 bis 6,3 Jahren, wobei die Weisheitszähne der Frauen einen um 0,7 Jahren beschleunigten alveolären Durchbruch zeigten. Die Oberkieferweisheitszähne brachen im Mittel 0,1 bis 0,3 Jahre früher durch als die dritten Molaren im Unterkiefer. Seitenunterschiede wurden nicht erfasst. Die Probanden der ältesten Altersgruppe wiesen in nur 50-60% der Fälle gingival durchgebrochene dritte Molaren auf.

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

Garn und Lewis (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. Es besteht Konsens in der Literatur über die Kombinierbarkeit der Kieferseiten, bezüglich der Zahneruption bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen linker und rechter Kieferseite. Nach Auswertung von 521 internationalen Studien zu möglichen Geschlechtsdifferenzen, sei in 494 der Studien von Haavikko geschlussfolgert

worden, dass die Zähne der weiblichen Probanden früher durchbrechen würden als jene der männlichen Probanden (Kupfer 2011).

Vollständigkeitshalber sei an dieser Stelle erwähnt, dass für den Durchbruch der dritten Molaren zum Teil beträchtliche Populationsunterschiede beschrieben wurden. 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.

Olze et al. (2007a, 2007b, 2007c, 2008) haben in breit angelegten Einzel- und einer Vergleichsstudie Daten zum Einfluss der ethnischen Abstammung auf die Weisheitszahneruption vorgelegt. Zur Untersuchung kamen insgesamt 2482 konventionell gewonnene Orthopantomogramme von 666 Deutschen, 1300 Japanern und 519 schwarzen Südafrikanern mit gesicherten Geburtsdaten. Die Beurteilungen wurden stets von ein und demselben Untersucher vorgenommen. Es wurden folgende Stadien eingeteilt: Stadium A (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 bis 1,8 Jahre früher als die deutschen Frauen. Die japanischen Frauen waren hingegen bei Erreichen der angegebenen Stadien 0,9 bis 3,3 Jahre älter als die deutschen Frauen. Hinsichtlich der männlichen Probanden bestanden statistisch signifikante Populationsunterschiede bezüglich des Erreichens der Stadien A und B. Die südafrikanischen schwarzen Männer waren bei Erreichen der genannten Stadien 3,0 bis 3,2 Jahre jünger als die deutschen Probanden, die japanischen Männer waren hingegen 3,1 bis 4,2 Jahre älter als die südafrikanischen Männer.

Auf die eigenen Ergebnisse verweisend, haben die weiblichen Probanden in den anfänglichen Eruptionsstadien einen Entwicklungsvorsprung, wie es in der Literatur beschrieben wurde. In den späteren Eruptionsstadien weisen die weiblichen Probanden jedoch eine Entwicklungsverzögerung gegenüber den männlichen auf.

Seitenunterschiede zwischen linker und rechter Kieferhälfte konnten auch hier nicht festgestellt werden. Der klinische, gingivale Durchbruch, sowie die genaue ethnische Herkunft wurden dabei nicht beurteilt.

5.4. Wurzelentwicklung und Zahnmineralisation

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

So wurden in der Vergangenheit von Gleiser und Hunt (1955), Nolla (1960), Haavikko (1970), Demirjian et al. (1973), Gustafson und Koch (1974), Harris and Nortje (1984), Kullman et al. (1992) und Köhler et al. (1994) unterschiedliche Stadieneinteilungen vorgestellt. Von wissenschaftlichem Interesse ist zunächst, welche Stadieneinteilung eine valide Aussage bezüglich des Lebensalters ermöglichen könnte.

Die aufgeführten Klassifikationen enthalten zum Teil sehr viele Stadien, die nur schwer gegeneinander abgrenzbar sind. Zudem wird beispielsweise zwischen $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{2}{3}$ der geschätzten zukünftigen Wurzellänge unterschieden, was zu einer eher subjektiv geprägten Beurteilungsweise führt (Demirjian 1986).

Demirjian et al. (1973) stellten eine Stadieneinteilung vor, welche jeweils vier Kronen- und Wurzelstadien unterscheiden (Stadien A-H). Diese Stadien sind durch Formveränderungen definiert und unabhängig von spekulativen Längenschätzungen. Eine numerische Kennzeichnung der Stadien wurde vermieden, um den Eindruck zu vermeiden, es handle sich bei den einzelnen Stadien um Abläufe gleicher Zeitdauer (siehe Abbildung 9, Kapitel 3.6.).

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 bis 25 Jahren untersucht. Jedes Röntgenbild wurde mit einer Identifizierungsnummer versehen, die Geburtsdaten wurden fallbezogen erfasst. Untersucht wurde ausschließlich der Mineralisationsstand des unteren linken Weisheitszahns (Zahn 38).

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

Zusätzlich und als Ergänzung zur Varianzanalyse wurde mittels der Berechnung des gewichteten Kappa-Koeffizienten (Fleiss 1981) für jeweils zwei (rangskalierte) Begutachtungen inter- und intraindividuell der Grad der Übereinstimmung zwischen den Begutachtern eingeschätzt (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 (Kraul 2010).

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% der Fälle 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.

In der Literatur besteht Konsens darüber, 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 el. 2003, Knell et al. 2009).

Dies spiegeln auch die Ergebnisse der eigenen Untersuchung wieder.

5.5. Prognosemodelle

Hinsichtlich der Prognosemodelle können Schätzungen für Patienten unbekannten Alters berechnet werden. Mit Hilfe der Altersschätzung durch die Synopsis der Teilgutachten (Geserick et al. 2002) anhand der Empfehlungen der interdisziplinären Arbeitsgemeinschaft für forensische Altersdiagnostik (AGFAD) ist es möglich, eine ungefähre Prognose des Alters abzugeben. Das Prognosemodell des Mixed Models mit dem jeweiligen korrigierenden mittleren Random Term für das entsprechende Alter kann eine unterstützende Schätzung berechnen. Hinsichtlich der Untersuchung, wie sich die in dieser Arbeit untersuchten Parameter über die Zeit ändern ist es anhand der untersuchten Patienten mit mehreren Altersschätzungen möglich die Entwicklung der Parameter über die Zeit mit einem Mixed Model, welches die individuelle Entwicklung betrachtet, zu analysieren. Der Random Term wurde anhand der hier ausgewerteten Daten berechnet und muss, wenn das Individuum jünger oder älter als 18-19 geschätzt wird, in die Formel als korrigierender Faktor eingefügt werden. Das Mixed Model kann den Altersgang einer Person prognostizieren.

Bei gänzlich unbekanntem Patientenalter ist eine zuverlässig exakte Bestimmung des Patientenalters nicht möglich. Eine sichere Schätzung des Lebensalters von 18 Jahren kann mit dieser Kombination von Zahnbefunden nicht erfolgen und auch das Alter von 21 Jahren kann keineswegs mit so genannter 100%iger Sicherheit allein aus dieser Berechnung festgelegt werden.

Es können unterstützend getrennte Prognosemodelle für das männliche und weibliche Geschlecht angewendet werden, sodass die Formel Patienten, welche Älter als 20 sind zu weiten Teilen zuverlässig als Volljährig erkennt (97% der

männlichen Probanden und 89,7% der weiblichen Probanden), jedoch die prognostizierten Werte zwischen 18 und 24 stark schwanken und deshalb keine konkrete Schlussfolgerung über das eigentliche Alter gezogen werden darf. Die Modelle können deshalb nur unterstützend angewendet werden, bei der Frage ob eine Überschreitung des 18. Lebensjahres vorliegt.

6. Zusammenfassung

Im Rahmen der forensisch-odontologischen Altersschätzung war die Bestimmung des Erreichens des 18. Lebensjahres mit den zur Verfügung stehenden Methoden bislang nicht eindeutig möglich. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt waren insbesondere die Weisheitszahnmineralisation und –eruption die biologischen Hauptkriterien für eine Altersschätzung. Gleichzeitig konnten zur Weisheitszahnentwicklung Veränderungen an der Wurzel der dritten Molaren und am Parodontium beobachtet werden, im Sinne eines fortschreitenden Unsichtbarwerdens des Parodontalspalts und des Knochenabbaus.

In der vorliegenden retrospektiven Studie sollte untersucht werden, inwieweit die beobachteten Phänomene tatsächlich klassifizierbar sind und ob einzelne Stadien in modifizierter Stadieneinteilung bestimmten Lebensaltern zugeordnet werden können. Fraglich ist, ob eine für die Altersschätzungsroutine wichtige, sichere Abgrenzung des Erreichens des 18. Lebensjahres unter Berücksichtigung der beobachteten Phänomene gelingt.

Zur Untersuchung kamen insgesamt 1895 digital gefertigte OPG, aus dem Patientengut des UKE und einer MKG Praxis aus Rostock, von 935 weiblichen und 960 männlichen Patienten im Alter von 15 – 24 Jahren, welche im Zeitraum der Jahre 2000 – 2013 erstellt worden waren.

In jedem OPG wurden die unteren dritten Molaren hinsichtlich des Mineralisationsstandes klassifiziert und das Stadium nach Demirjian et al. (1973) bestimmt. Weiterhin wurde der Parodontalspalt mit einer modifizierten Stadieneinteilung nach Olze et. al. (2010) bewertet. Die Knochenabbau-Stadien nach Olze et al. (2004b) wurden modifiziert für die Bestimmung des Knochenabbaus angewendet. Für die Weisheitszahneruption wurde eine Stadieneinteilung von Olze et al. (2007) modifiziert auf die zweiten und dritten Molaren angewendet.

Nach Kenntnis der Autorin werden erstmalig alle vier Parameter in einem prognostischem Modell zusammengeführt, wodurch die Schätzung deutlich präziser wird, wenn bereits durch Voruntersuchungen eine Schätzung für das wahre Alter vorliegt. Es hat sich für das untersuchte Kollektiv gezeigt, dass alle der untersuchten Parameter eine signifikante Verbesserung der Schätzung bewirken. Aus einem festen vorhandenen Geschlechtsunterschied und geschlechtsspezifischen Wechselwirkungen mit Parametern, sowie Wechselwirkungen zwischen den

Parametern ergibt sich für den praktischen Gebrauch für Männer und Frauen aus identischen Messergebnissen eine unterschiedliche Altersprognose. Besonders deutlich wird, dass die Parameter einzeln nur eine geringe Aussagekraft haben, durch die Zusammennahme, jedoch eine Bestimmung des wahren Alters besser möglich erscheint.

Eine sichere Schätzung des Lebensalters von 18 Jahren kann nur mit dieser Kombination von Zahnbefunden nicht erfolgen, eine klinische Untersuchung zur Bestimmung des wahren Alters ist weiterhin unverzichtbar.

7. 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. Interdisziplinärer Arbeitskreis für Forensische odonto- stomatologie (AKFOS), Newsletter Jahr 13 No. 3 (2006) A publication of the German Academy of Forensic Odontostomatology of the German Society of Dental Oral and Craniomandibular Sciences and the German Society of Legal Medicine, ISSN 0947-6660
3. Andersen E (1971) Comparison of Tanner-Whitehouse and Greulich-Pyle methods in a large scale Danish survey. *Am. J. Phys. Anthropol.* 35: 373-376.
4. Bundesamt für Migration und Flüchtlinge, „Migrationsbericht des Bundesamtes für Migration und Flüchtlinge im Auftrag der Bundesregierung“; http://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Publikationen/Migrationsberichte/migrationsbericht-2013.pdf?__blob=publicationFile
5. Berkowitz BKB, Bass TP (1976) Eruption rates of human upper third molars. *J. Dent. Res.* 55: 460-464.
6. Black G (1908) *Work on operative dentistry*, Chicago Medico- Dental Publishing Co, Vol. 1, 1st ed., Chicago
7. Bundesfachverband Unbegleitete Minderjährige Flüchtlinge e.V., Alterseinschätzung Verfahrensgarantien für eine kindeswohlorientierte Praxis Juni 2015, http://www.b-umf.de/images/alterseinschätzung_2015.pdf
8. 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
9. Brown KA (1986) Forensic aspects of community dentistry. *Ann. Acad. Med. Singapore* 15: 414-417
10. 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
11. 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
12. Cartwright S (1957), *A course of lectures on dental surgery*, *Brit. J. Dent. Sci.* 1, 343 – 53

13. Chagula WK (1960) The age at eruption of third permanent molars in male East Africans. *Am. J. Phys. Anthropol.* 18: 77-82
14. 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
15. Cole AJL, Webb L, Cole TJ (1988) Bone age estimation: a comparison of methods. *Br. J. Radiol.* 61: 683-686.
16. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM (1973) A New System of Dental Age Assessment. *Hum. Biol.* 45: 221-227
17. DGZMK - Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (2013), <http://www.dgzmk.de/zahnaerzte/wissenschaft-forschung/wissenschaftliche-beitraege/deutsche-mundgesundheitsstudie-iv-dms-iv-ein-kurzer-ueberblick/karies.html>
18. 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? *Med. Diss. Hamburg*
19. Drusini A, Toso O, Ranzato C (1997) The coronal pulp cavity index: A biomarker for age determination in human adults, *Am. J. Physical Anthropology* 103, 353 – 363
20. Dünkel F, Kalmthout A van, Schüler-Springorum H (Hrsg) (1997) Entwicklungstendenzen und Reformstrategien im Jugendstrafrecht im europäischen Vergleich. Forum Mönchengladbach
21. Dünkel F (2008) Jugendstrafrecht im europäischen Vergleich im Licht aktueller Empfehlungen des Europarats, *Neue Kriminalpolitik*, S. 102-114
22. Eckerbom M, (1993) Prevalence and technical standard of endodontic treatment in a Swedish population, *Swed. Dent. J.* 93, 1- 45
23. Ellen R (1994) Periodontal care for community- dwelling older adults, *J. Pros. Dent.* 72, 500- 506
24. Fleiss JL (1981) *Statistical Methods for Rates and Proportions.* J. Wiley, New York
25. Flügel B, Greil H, Sommer K (1986) *Anthropologischer Atlas.* Frankfurt/M.: Wözel.

26. Friedrich RE, Ulbricht C, von Maydell, LA (2003a) Altersbestimmung in Abhängigkeit von der Anzahl kariöser oder konservierend versorgter Zähne. Quintessenz 54: 863-874
27. Friedrich RE, Ulbricht C, von Maydell, LA (2003b) Karies und Füllungen an Weisheitszähnen als forensisch-odontologisches Hilfsmittel der Bestimmung eines chronologischen Alters über 18 Jahren. Radiologische Untersuchungen an Panoramaschichtaufnahmen von Kindern und Jugendlichen. Arch. Kriminol. 212: 74-82
28. Garn SM, Koski K, Lewis AB (1957) Problems in determining the tooth eruption sequence in fossil and modern man. Am. J. Phys. Anthropol. 15: 313-31
29. Garn SM, Lewis AB, Blizzard (1960) The relationship between tooth formation and other maturation factors
30. 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
31. Geserick G, Schmeling A (2010) Qualitätssicherung der forensischen Altersdiagnostik bei lebenden Personen. Rechtsmedizin 21:22–25
32. Gleiser I, Hunt EE (1955) The permanent mandibular first molar: its calcification, eruption and decay. Am. J. Phys. Anthropol. 13: 253-284
33. Greulich WW, Pyle SI (1959) Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford, California: Stanford University Press.
34. Gustafson G (1950) Age determination of teeth. J. Am. Dent. Assoc. 41:45–54
35. 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: 52-57
36. Gustafson G, Koch G (1974) Age estimation up to 16 years of age based on dental development. Odontol. Rev. 25: 297-306
37. Haavikko K (1970) The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. Suom. Hammaslaak Toim. 66: 103-170
38. Haavikko K, Mattila K (1969) The correspondence between the Orthopantomographic and the clinical appearance of an erupting permanent tooth replacing a deciduous tooth. Suom. Hammaslaak Toim. 66: 190-195

39. Harris MJP, Nortje CJ (1984) The mesial root of the third mandibular molar. A possible indicator of age. *J. Forensic Odontostomatol.* 2: 39-43
40. Hägg U, Matsson L (1985) Dental maturity as an indicator of chronological age: the accuracy and precision of three methods. *Eur. J. Orthod.* 7: 25-34
41. Hugson A, Koch G, Bergendal T, Hallonsten A, Slotte C, Thorstensson B, Thorstensson H (1996) Oral health of individuals ages 3- 80 years in Jönköping, Sweden in 1973, 1983, 1993, *Swed. Dent. J.* 19, 243 – 260
42. Hunter J (1771) *The Natural History of the Human Teeth: Explaining their Structure, Use, Formation, Growth, and Diseases.* J. Johnson 1771 London
43. Ikeda N, Umetsu K, Kashimura S, Suzuki T, Oumi M (1985) Estimation of age from teeth with their soft X- ray findings, *Jpn. J. For. Med.* 39, 244 – 250
44. Johansson G (1971) Age determination from human teeth, a critical evaluation with special consideration of change after 14 years of age, *Odontol. Revy. Suppl.* 21, 1 -126
45. Kaatsch HJ (2001) Juristische Aspekte der Altersschätzung. In: Oehmichen M, Geserick G: (Hrsg.): *Osteologische Identifikation und Altersschätzung.* Schmidt- Römhild (Lübeck) 243-254
46. Kahl – Nieke, B. (2010) *Einführung in die Kieferorthopädie* S. 42-43 Abb. 5-7; Deutscher Ärzte-Verlag; ISBN 3769134192
47. Kahl B, Schwarze CW (1988) Aktualisierung der Dentitionstabelle von I Schour und M Massler von 1941. *Fortschr. Kieferorthop.* 49: 432-443
48. 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. of Legal. Med.* 124(2): 149-54
49. King DG, Steventon DM, O'Sullivan MP, Cook AM, Hornsby VP, Jefferson IG (1994) Reproducibility of bone ages when performed by radiology registrars: an audit of Tanner and Whitehouse II versus Greulich and Pyle methods. *Br. J. Radiol.* 67: 848-851.
50. Knell B, Ruhstaller P, Prieels F, Schmeling 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

51. Köhler S, Schmelzle R, Loitz C, Püschel K (1994) Die Entwicklung des Weisheitszahnes als Kriterium der Lebensalterbestimmung. *Ann. Anat.* 176: 339- 345.
52. Kraul V (2010) Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Weisheitszahnmineralisation und –eruption bei einer Population von kanadischen Ureinwohnern, Med. Diss. Berlin
53. Kullman L, Johanson G, Akesson L (1992) Root development of the lower third molar and its relation to chronological age. *Swed. Dent. J.* 16: 161-167.
54. Kupfer M (2011) Untersuchungen zur radiologischen Sichtbarkeit der Wurzelpulpa und des Parodontalspalts unterer dritter Molaren, Med. Diss. Berlin
55. Künzel W. (1976), Querschnittsvergleich mittlerer Eruptionstermine permanenter Zähne bei Kindern in fluorarmen und kariesprotektiv optimierten Trinkwassergebieten, *Stomat. DDR* 26, 310 – 321
56. Kvaal SI, Sellevold J, Solheim T (1995) A comparison of different non-destructive methods of age-estimation in a skeletal material. *Int. J. Osteoarchaeol.* 4: 363-370
57. Lamendin H, Baccino E, Humbert JF, Tavernier JC, Nossintchouk RM (1992) A simple technique for age estimation in adult corpses: the two criteria dental method. *J. Forensic. Sci.* 37:1373–1379
58. Levesque G, Demirijian A, Tanguay R (1981) Sexual dimorphism in the development, emergence, and agenesis of the mandibular third molar. *J. Dent. Res.* 60 (10) 1735-41
59. Logan W, Kronfield R (1933) Development of the human jaws and surrounding structures from birth to the age of fifteen years, *J.A.D.A.* 20, 379
60. Madea, B. (2007) Praxis Rechtsmedizin: Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung, Springer Medizin Verlag Heidelberg ISBN 978-3-540-33720
61. Matsikidis, G., Schulz, P.(1982) Altersbestimmung nach dem Gebiss mit Hilfe des Zahnfilms, *Zahnärztliche Mitteilung* Nov. 16 72(22), 2524-2528
62. Von Maydell, LA (2001) Altersabhängige Befunde des Gebisses bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen, Med. Diss. Hamburg
63. Merte K (Hrsg.) (1992) Parodontologie für die Praxis. Johann Ambrosius Barth, Leipzig Berlin Heidelberg

64. Meyer W (1932) Lehrbuch der normalen Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen, J. F. Lehmann, München
65. Micheelis W, Schiffner U. (2006) Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ Materialreihe Band 31). Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
66. Mincer HH, Harris EF, Berryman HE. (1993) The A.B.F.O. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age. J. Forensic Sci. 38: 379- 390
67. Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE (1963) Age variation of formation stages for ten permanent teeth. J. Dent. Res. 42: 1490-1502
68. Mühler M, Schulz R, Schmidt S, Schmeling 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
69. Müller HR (1983) Eine Studie über die Inkonstanz des dritten Molaren (Fehlen, Anlage, Durchbruch). Med. Diss. Dresden
70. Neyzi O, Alp H, Yalcindag A, Yakacikli S (1975) Sexual maturation in Turkish boys. Ann. Hum. Biol. 2: 251-259.
71. Nolla CM. (1960). The development of the permanent teeth. J. Dent. Child. 27(4): 254-266.
72. Olze A, Schmeling A, Rieger K, Kalb G, Geserick G (2003a) Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Weisheitszahnmineralisation bei einer deutschen Population. Rechtsmedizin 13: 5-10
73. Olze A, Taniguchi M, Schmeling A, Zhu BL, Yamada Y, Maeda H, Geserick G (2003b) Comparative study on the chronology of third molar mineralization in a Japanese and a German population. Int. J. of Legal Medicine 5: 256-260
74. 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
75. 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
76. 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

77. 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
78. Olze A, Taniguchi M, Schmeling A, Zhu BL, Yamada Y, Maeda H, Geserick G (2004e) Studies on the chronology of third molar mineralization in a Japanese population. *Int. J. of Legal Medicine* 6: 73-79
79. Olze A, Bilang D, Schmidt SA, Wernecke KD, Geserick G, Schmeling A (2005) Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *Int. J. of Legal Medicine* 119: 22-26.
80. Olze A, van Niekerk P, Schulz R, Schmeling A. (2007), Studies of the chronological course of wisdom tooth eruption in a Black African population. *J. Forensic. Sci.* 52:1161-3
81. Olze A, Pynn BR, Kraul V, Schulz R, Heinecke A, Pfeiffer H, Schmeling A (2010) Dental age estimation based on third molar eruption in first nations people of canada; *J. Forensic Odontostomatol.* 28:1:32-38
82. 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. of Legal Med.* 124(3):183-6
83. Olze A, Solheim T, Schulz R, Kupfer M, Schmeling 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. of Legal Med.* 124:445–448
84. 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
85. 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. of Legal Med.* 119(1): 27-30
86. Peschke C (2007) Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Weisheitszahneruption bei einer europiden Population, *Med. Diss. Berlin*
87. Pöyry M, Nyström M, Ranta R (1986) Comparison of two tooth formation rating methods. *Proc. Finn. Dent. Soc* 82: 127-133

88. Prieto JL, Barbería E, Ortega R, Magaña C (2005) Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *Int. J. of Legal Med.* 119(6): 349-54
89. Rantanen AV (1967) The age of eruption of the third molar teeth, a clinical study based on finish university students, *Med. Diss, Helsinki, Acta. Odontol. Scand.* 25 Supp. 1-86
90. R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical. Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
91. Reichart PA (2000) Primärprävention des Mundhöhlenkarzinoms und oraler Präkanzerosen. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 4(6): 357-64
92. Robert Koch Institut (2009) Mundgesundheits Heft 47
93. Roche AF, Chumlea WC, Thissen D (1988) Assessing the skeletal maturity of the hand-wrist: Fels method. Springfield: C.C. Thomas
94. Scheff J (1902) *Handbuch der Zahnheilkunde* 1. Auflage, Alfred Hölder Verlag, Wien
95. Schmeling A, Kaatsch H-J, Marré B, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, Rösing FW, Röttscher K, Geserick G (2001a) Empfehlungen für die Altersdiagnostik bei Lebenden im Strafverfahren. *Rechtsmedizin* 11: 1-3
96. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G (2001b) Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *Lancet* 358: 89-90
97. Schmeling, A (2004) *Forensische Altersdiagnostik bei Lebenden im Strafverfahren*, Habil. Berlin
98. Schmeling A, Lockemann U, Olze A, Reisinger W, Fuhrmann A, Püschel K, Geserick G (2004) Forensische Altersdiagnostik bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen, *Dtsch. Arztebl.* 2004; 101(18): A-1261 / B-1039 / C-1007
99. Schmeling A, Baumann U, Schmidt S, Wernecke KD, Reisinger W (2006a) Reference data for the Thiemann-Nitz method of assessing skeletal age for the purpose of forensic age estimation. *Int. J. of Legal Med* 120(1): 1-4
100. Schmeling A, Reisinger W, Geserick G, Olze A (2006b) Age estimation of unaccompanied minors. Part I. General considerations. *Forensic. Sci. Int.* 159 Suppl. 1: S61-4

101. 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. *Int. J. of Legal Med. (Tokyo)* 10(4): 190-5
102. 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. of Legal Med.* 122(4): 309-14
103. Schour I, Massler M (1940), Studies in tooth development: the growth pattern of human teeth, *J.A.D.A.* 27, 1918 – 1931
104. 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. of Legal Med.* 119(3): 142-5
105. Shafer W, Hine M, Levy B (1963) A textbook of oral pathology, 2nd ed W.B. Saunders Co, Philadelphia
106. Shourie KL (1946) Eruption Age of Teeth in India. *Indian. Journal of Medical Research* 34: 105-18
107. Siegel S (1956): *Nonparametric Statistics for the Behaviour Sciences.* McGraw-Hill Book Comp., New York
108. Sillman, J.H. (1964) Dimensional Changes of the Dental Arches: Longitudinal Study from Birth to 25 Years. *Amer. J. Orthodont.* 50:824-42
109. Solheim T (1992) Recession of periodontal ligament as an indicator of age. *J. Forensic Odontostomato.* 10:32–42
110. Solheim T (1993) A new method for dental age estimation in adults. *Forensic Sci. Int.* 59:137–147
111. Song Hongwei (1989) The estimation of tooth age from attrition of the occlusal surface, *Med. Sci. Law* 29 No1
112. Taani D (1997) Caries prevalence and periodontal treatment needs in public and private school pupils in Jordan, *Int. Dent. J.* 47, 100- 104
113. Tanner JM (1962) *Growth at adolescence.* Oxford: Blackwell Scientific Publications
114. Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H (1975) *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method).* London, New York, San Francisco: Academic Press.

115. Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N (2001) Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method). London: W.B. Saunders.
116. Thiemann H-H, Nitz I (1991) Röntgenatlas der normalen Hand im Kindesalter. Leipzig, Stuttgart, New York: Thieme
117. Ulbricht C (2001) Altersabhängigkeit der Entwicklungsstadien von Weisheitszähnen, Med. Diss. Hamburg 2001
118. Utriainen P, Pahkala K, Kentala J, Laippala P, Mattila K (1998) Changes in the oral health of adolescents treated by the Finnish public dental services between the ages of 13 and 15 years. Community Dent. Oral Epidemiol. 26: 149-154
119. 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
120. 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
121. Voigt I, Hetzer G (1979) Kritische Bewertung von Sanierungsergebnissen systematischer kinderstomatologischer Betreuung, Stomatol. DDR 29, 367 – 71
122. Weber R (1978) Genauigkeit der Skelettalterbestimmungen und Größenprognosen nach den Methoden von Greulich & Pyle sowie Tanner & Whitehouse. Dissertation. Freie Universität Berlin.

8. Danksagung

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

Ein großer Dank gebührt meinem Doktorvater Uni.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Reinhard E. Friedrich für die freundliche Überlassung des Themas, die professionelle Betreuung der Arbeit sowie hilfreichen Ratschlägen.

Ganz besonderer Dank gilt Jan Felix Kersten für die Unterstützung bei der Bewältigung statistischer Herausforderungen und dafür, dass er mir jede Frage zur Hintergrundtheorie und Statistik geduldig beantwortet hat.

Für die Bereitstellung der Röntgenbilder möchte ich mich bei Dr. Andreas Fuhrmann und seinem freundlichen und hilfsbereiten Team bedanken.

Ich danke der MKG Gemeinschaftspraxis in Rostock für die Bereitstellung weiterer Röntgenbilder.

Ein besonderes Wort des Dankes möchte ich an meine Freunde und meine Familie richten. Insbesondere meinen Eltern und meiner Schwester danke ich für die stetige Unterstützung in den Jahren meiner Ausbildung und in den verschiedenen Phasen der Erstellung der vorliegenden Dissertation. Ihre Zuversicht hat mich immer wieder ermutigt und motiviert; aus diesem Grund ist diese Arbeit vor allem auch ihnen gewidmet.

9. Lebenslauf

entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen

10. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Ort, Datum

Unterschrift