

---

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Eine Analyse der dritten Molaren nach der forensisch-odontologischen Methode von  
Demirjian zur Altersbestimmung männlicher Jugendlicher – Ein Vergleich zwischen  
einem odontologischen Forensiker und einem geschulten Laien unter dem Fokus der  
ergebnisorientierten Anwendbarkeit

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der  
Zahnmedizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
vorgelegt von

Ann-Katrin Zeigner  
aus Kaiserslautern

Mainz, 2024

---

Wissenschaftlicher Vorstand:

Univ.-Prof. Dr. Hansjörg Schild

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

26.07.2024

---

Widmung

Für meine Familie.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung/ Ziel der Dissertation .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturdiskussion .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Migration von unbegleiteten Minderjährigen.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Gründe der Migration .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Statistische Daten.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Methoden der Altersschätzung zur Annäherung an das chronologische Alter.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Sozialpädagogische Altersschätzung.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Medizinische Untersuchungsmethoden .....</b>	<b>9</b>
2.2.2.1	Überblick.....	9
2.2.2.2	Körperliche Examination .....	11
2.2.2.3	Röntgenologische Examination der linken Hand .....	13
2.2.2.4	Zahnstatusexamination.....	15
2.2.2.5	Röntgenologische Examination der Schlüsselbeine .....	20
<b>2.3</b>	<b>Rechtliche Grundlagen der Altersbestimmung .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Überblick .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Asylrecht .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Strafrecht.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Röntgenologischer Aspekt .....</b>	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Datenerhebung.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Patienten.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3</b>	<b>Examinanden.....</b>	<b>34</b>
<b>3.4</b>	<b>Erfassung der Zahnmineralisation .....</b>	<b>35</b>
<b>3.5</b>	<b>Vorgehen .....</b>	<b>38</b>
<b>3.6</b>	<b>Statistische Analyse .....</b>	<b>39</b>

---

<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>40</b>
4.1	Hypothese: Ein:e Forensiker:in liegt mit ihrer/ seiner Schätzung näher am chronologische Alter als ein:e geschulte:r Laie:in.....	40
4.1.1	Die Übereinstimmung zwischen der Forensikerin und dem chronologischen Alter .....	41
4.1.2	Die Übereinstimmung zwischen der Laiin und dem chronologischen Alter .....	42
4.1.3	Übereinstimmung der Stadien nach Demirjian beurteilt durch zwei Raterinnen .....	44
4.1.4	Intraklassenkorrelation zwischen dem berechneten Alter durch die Forensikerin und der Laiin .....	49
4.1.5	Intraklassenkorrelation zwischen dem berechneten Alter durch die Forensikerin, der Laiin und dem chronologischen Alter .....	50
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>51</b>
5.1	Altersverteilung und sozioökonomische Herkunft der Probanden .....	51
5.2	Häufigkeit der Nichtanlage und/ oder Nicht-Beurteilbarkeit der Weisheitszähne.....	52
5.3	Interobserver Vergleich .....	54
5.4	Altersschätzung mit der Methode nach Demirjian .....	55
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>72</b>
<b>10</b>	<b>Tabellarischer Lebenslauf .....</b>	<b>73</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielhafte Aufgabenbereiche der Forensischen Zahnmedizin (eigene Darstellung in Anlehnung an „Der junge Zahnarzt“ (13)).....	2
Abbildung 2: Auflistung der Asylersanträge nach selektierter Altersgruppe und nach Geschlechterverteilung im Berichtsjahr 2020 (eigene Darstellung in Anlehnung an Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (29)).....	7
Abbildung 3: Darstellung FDI Schema (Eigene Darstellung).....	15
Abbildung 4: Tatverdächtige Immigranten im Jahr 2019 aufgeteilt in Altersgruppe und nach Geschlechterzugehörigkeit (Eigene Darstellung in Anlehnung an Bundeskriminalamt (110)). .....	25
Abbildung 5: Reihenfolge der Schädigungen am biologischen Organismus durch ionisierende Röntgenstrahlung (Eigene Darstellung in Anlehnung an Schulze R. (115)).....	27
Abbildung 6: Darstellung der Mineralisationseinteilung der dritten Molaren durch Schmeling et al. (1) .....	35
Abbildung 7: Differenz des berechneten Alters durch die Forensikerin subtrahiert von dem chronologischen Alter, gruppiert nach Anzahl der Weisheitszähne .....	42
Abbildung 8: Differenz des Alters durch die Laiin subtrahiert von dem chronologischen Alter, gruppiert nach Anzahl der Weisheitszähne .....	43

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inobhutnahme unbegleiteter, migrierender Minderjähriger durch das Jugendamt 2013-2016 (Eigene Darstellung in Anlehnung an Statistisches Bundesamt (26)).....	5
Tabelle 2: Dokumentation der Alters- und Geschlechterverteilung der im Jahr 2016 in Obhut genommenen unbegleiteten Minderjährigen (Eigene Darstellung in Anlehnung an Tangermann et al. (22) nach Statistisches Bundesamt (28)).....	6
Tabelle 3: Beschreibung der vier Reifephasen nach Flügel et al. (55) (Eigene Darstellung) .....	12
Tabelle 4: Beschreibung der Ossifikationsstadien der medialen Claviculaepiphyse (Eigene Darstellung in Anlehnung an Schmeling A. (101)) .....	20
Tabelle 5: Auflistung der relevanten Gesetze in der Altersdiagnostik (Eigene Darstellung) .....	21
Tabelle 6: Effektive Strahlendosen durch medizinische Röntgenuntersuchungen sowie natürlicher Exposition (eigene Darstellung in Anlehnung an Schmeling A. (120)).....	28
Tabelle 7: Altersverteilung des Patientenkollektivs (Eigene Darstellung) .....	32
Tabelle 8: Beschreibung der Mineralisationsstadieneinteilung der Molaren nach Demirjian (17).....	36
Tabelle 9: Das berechnete Alter anhand der Stadieneinteilung der dritten Molaren für männliche Patienten (1. Zeile: Mittelwerte des geschätzten Alters, 2. Zeile Standardabweichung in Jahren) nach Olze et al. (133).....	37
Tabelle 10: Stichprobenbeschreibung .....	40
Tabelle 11: ICC (r) des errechneten Alters durch die Forensikerin und dem chronologischen Alter .....	41
Tabelle 12: ICC des errechneten Alters durch die Laiin und dem chronologischen Alter .....	43
Tabelle 13: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 18 in Anzahl (%) .....	44
Tabelle 14: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 28 in Anzahl (%) .....	45
Tabelle 15: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 38 in Anzahl (%) .....	46
Tabelle 16: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 48 in Anzahl (%) .....	47
Tabelle 17: Itemstatistik für das Alter durch die Forensikerin und der Laiin .....	49
Tabelle 18: Korrelationskoeffizient in Klassen für das Alter durch die Forensikerin und der Laiin .....	49

---

Tabelle 19: Item-Skala-Statistik für das Alter durch die Forensikerin und der Laiin...	50
Tabelle 20: Korrelationskoeffizient für das chronologische Alter und das Alter durch die Forensikerin und der Laiin .....	50
Tabelle 21: Interpretation ICC nach Koo und Li (175) .....	71
Tabelle 22: Interpretation Cronbachs Alpha nach Blanz (176) .....	71

---

## Abkürzungsverzeichnis

AGFAD	Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik
AKFOS	Arbeitskreis für Forensische Odonto-Stomatologie
BEMA	Beurteilungsmaßstab zahnärztlicher Leistungen
BKA	Bundeskriminalamt
CT	Computertomographie
DGRM	Deutsche Gesellschaft für Rechtsmedizin
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DNS	Desoxyribonukleinsäure
DVI	<i>Disaster Victim Identification</i>
DVT	<i>Digitale Volumetomographie</i>
EURODAC	European Dactyloscopy
FDI	Fédération Dentaire Internationale
ICC	Intraklassenkorrelation
INTERPOL	International Criminal Police Organization
I. V. m.	in Verbindung mit
KI	Künstliche Intelligenz
MRT	Magnetresonanztomographie
OPG	Orthopantomogramm
UNHCR	United Nations High Commissioner for Refugees
UMA	unbegleitete minderjährige Ausländer
VCE	Videokapsel-Endoskopie

## 1 Einleitung/ Ziel der Dissertation

Nach skandinavischem Vorbild wurde in Deutschland im Oktober 1976 die Einrichtung des „Arbeitskreises für Forensische Odonto-Stomatologie“ (AKFOS) organisiert. Sie ist eine Institution der „Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde“ (DGZMK) und der „Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin“ (DGRM). Die Zahnmediziner:innen des AKFOS arbeiten unter anderem mit der Identifikationskommission des Bundeskriminalamtes (BKA) zur Identifikation von Personen zusammen. Ein Mensch kann zweifelsfrei über seine Zähne (odontologisch), seine Fingerabdrücke (daktyloskopisch) und seine DNA (forensisch-genetisch, außer bei eineiigen Zwillingen) identifiziert werden (2).

Die forensische Zahnmedizin leistet mithilfe von verschiedenen Methoden zur dentalen Übereinstimmung einen großen Beitrag zur Identifikationsfeststellung (3). Post mortem sind primär Zähne und Knochen eine verlässliche Quelle an Erbgutmaterial (4). Zähne besitzen die größte Resilienz gegenüber externen destruktiven Kräften im menschlichen Körper (5). Diese Eigenschaft ist vor allem durch die einzigartige Anatomie der Zähne gegeben (3). Im Fall von verheerenden Katastrophen, wie z. B. Tsunamis, Erdbeben, Flugzeugabstürzen, etc. kann die Forensische Zahnmedizin anhand verbliebener Überreste von verstorbenen Menschen Identitäten herausfinden und bestätigen (6). Der Vorgang der Identifikation von Opfern bei Katastrophen wird *Disaster Victim Identification* (DVI) genannt (7) und ist nach INTERPOL Standard im Vorgehen definiert.

Die AGFAD beschäftigt sich zusätzlich mit der Altersschätzung von Individuen (vgl. Abbildung 1). Sie erstellt in diesem Zusammenhang Gutachten auf Nachfrage des Gerichtes oder der zu begutachtenden Person aus. Im Laufe der letzten Jahrzehnte ist die Nachfrage nach Altersgutachten stark gestiegen (8, 9). Dabei wird vermehrt der Zahnentwicklungszustand zur Altersbestimmung herangezogen (10), um getätigte Aussagen über das chronologische Alter zu verifizieren (11). Der Zahnentwicklungszustand gilt als zuverlässige Referenz, da Zähne eine geringe Variabilität an Altersindikatoren aufweisen (11) und zudem resistenter als Knochen bei taphonomenischen Prozessen des Zerfalls sind (12).

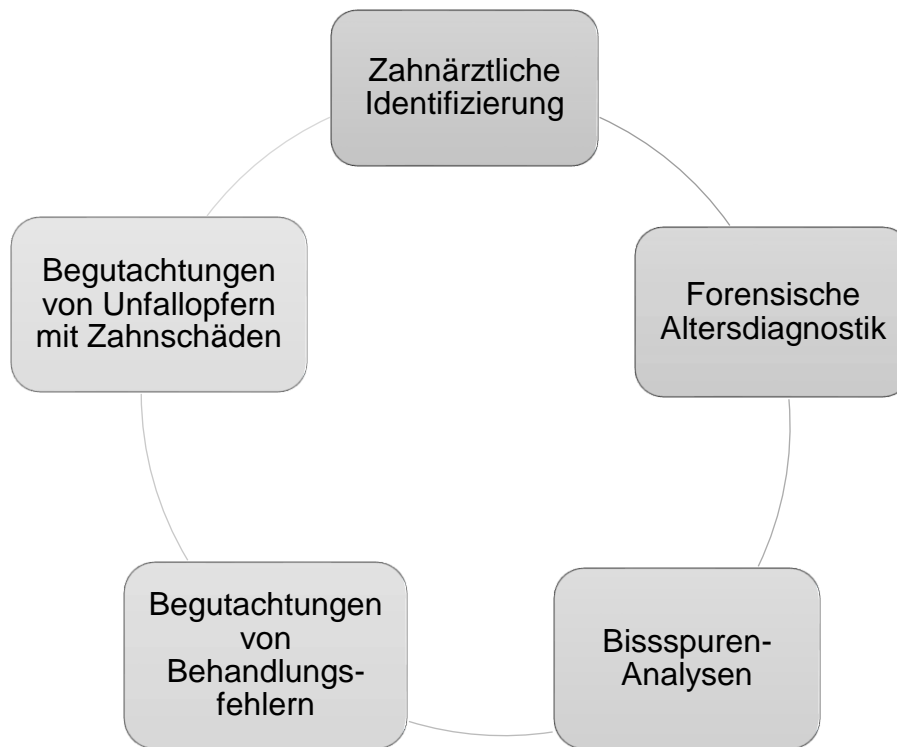


Abbildung 1: Beispielhafte Aufgabenbereiche der Forensischen Zahnmedizin (eigene Darstellung in Anlehnung an „Der junge Zahnarzt“ (13))

Die Bundesrepublik Deutschland nimmt vermehrt Flüchtlinge aus Wirtschafts- und Kriegsländern auf, die keine Ausweisdokumente besitzen oder bei denen das Geburtsdatum nicht eindeutig dokumentiert ist (14). Aufgrund von mangelnder Geburtenregistrierung vieler Staaten, Krieg und Armut fehlen oftmals die Nachweise zur Altersangabe (15). Bei zahlreichen Flüchtlingen ist das Alter unbekannt und die eigenen Angaben bedürfen oftmals einer gutachterlichen Stellungnahme, da die Richtigkeit angezweifelt wird. Unter den Asylsuchenden befinden sich zunehmend unbegleitete minderjährige Ausländer:innen (sogenannte „UMA“), die vom Jugendamt in Obhut genommen werden. Sie gelten als eine besonders schutzbedürftige und verletzte Gruppe von Flüchtlingen (16).

Speziell im Zusammenhang mit Straftaten muss das Alter geklärt sein. Bei Jugendlichen gilt das Jugendstrafrecht, währenddessen das Erwachsenenstrafrecht bei Personen ab 21 Jahren greift.

Ziel der Altersbestimmung ist mit verschiedenen Bestimmungsmethoden möglichst genau das chronologische Alter zu errechnen. Die Errechnung des skelettalen und dentalen Alters erfolgt durch die Zusammenarbeit von ärztlichen Fachkräften der

Rechtsmedizin, der Radiologie, der Pädiatrie und der Zahnmedizin nach den Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik (AGFAD). Diese medizinischen Fachkundigen unterliegen keiner Arzt-Patienten-Fürsorge und sind verpflichtet ihre Gutachten wissenschaftlich neutral zu erstellen (1). Um den Prozess der Gutachtenerstellung durch odontologische Forensiker:innen zu vereinfachen, wird in dieser Studie die zielführende Anwendbarkeit der forensisch-odontologischen Methode nach Demirjian (17) durch eine geschulte Laiin im Vergleich zu einer odontologischen Forensikerin geprüft. Als Laiin wird in dieser Studie eine Zahnmedizinstudentin im letzten klinischen Semester beschrieben, die bereits Fachkunde im Bereich der Zahnmedizin aufweist, aber keine Weiterbildung in der odontologischen Forensik absolviert hat. Die angewandte Methode zur Altersbestimmung orientiert sich an der Herangehensweise nach Demirjian (17). Hierbei liegt der Fokus auf dem Mineralisationsentwicklungszustand der Weisheitszähne, der Rückschlüsse auf das vorliegende Alter des zu Begutachtenden erlaubt.

## **2 Literaturdiskussion**

### **2.1 Migration von unbegleiteten Minderjährigen**

#### **2.1.1 Gründe der Migration**

Im Verlauf der Menschheitsgeschichte wurden regelmäßig globale Migrationsbewegungen verzeichnet. Historisch wurden Fluchtimpulse primär durch Naturkatastrophen und Ressourcenknappheit ausgelöst, wohingegen die heutigen Fluchtursachen facettenreicher sind (18).

Aus migrationssoziologischen Studien lässt sich schlussfolgern, dass die Migrationsrichtung vieler Asylsuchender durch Kriterien wie eine Verbesserung des persönlichen, wirtschaftlichen und ökonomischen Daseins geprägt werden (19). In diesem Zusammenhang wurden Migrierte bezüglich ihres Ziellandes befragt, wobei nur die Hälfte der Befragten einen klaren Wunsch diesbezüglich äußerte. Deutschland wurde hierbei am häufigsten als Wunschzielland angegeben (19). Im europäischen Vergleich ist dieser Trend im Migrationsbericht 2019 ebenfalls feststellbar (20).

### 2.1.2 Statistische Daten

Unbegleitete minderjährige Flüchtlinge sind Einreisende unter 18 Jahren, die nicht in Begleitung eines Vormundes oder eines verantwortlichen Erwachsenen migrieren (21). Sie profitieren von einem Sonderstatus im Asylverfahren und von einem Schutz vor Abschiebung bis zur Volljährigkeit, da sie im Vergleich zu anderen Flüchtlingen über die Jugendhilfe versorgt werden (22). Diese gesetzliche Regelung wurde am 01.11.2015 eingeführt. Im Zuge dessen erhielt der Begriff „unbegleiteter, minderjähriger Ausländer“ (UMA) für diese Zielgruppe Einzug in das Gesetz und in den Sprachgebrauch (23). Diese Sonderbehandlung stellt zwangsläufig einen Anreiz zum Missbrauch durch Falschangaben des Geburtsdatums dar (24, 25). 2016 wurden 44.935 Schutzmaßnahmen für unbegleitete Minderjährige durch das Jugendamt durchgeführt, während es 2013 noch 6.584 waren (26) (vgl. Tabelle 1). 2017 wurden 2.213 Kinder aus Afghanistan, 1.544 aus Eritrea, 1.204 aus Somalia, 903 aus Guinea und 708 aus Syrien registriert. Aufgrund der starken Präsenz gehören diese Länder zu den fünf wichtigsten Herkunftsländern (21). Die genannten Zahlen der Asylanträge liegen unter den Zahlen der Inobhutnahme durch das Jugendamt (vgl. Tabelle 1), da diese auch die Anzahl der Inobhutnahme von unbegleiteten Minderjährigen aus EU-Mitgliedsstaaten beinhaltet und es vorkommt, dass Jugendliche sich der Inobhutnahme entziehen und in andere Staaten reisen (21).

*Tabelle 1: Inobhutnahme unbegleiteter, migrierender Minderjähriger durch das Jugendamt 2013-2016 (Eigene Darstellung in Anlehnung an Statistisches Bundesamt (26))*

<i>Jahr</i>	<i>Insgesamt</i>	<i>Unter 14 Jahre</i>	<i>14 bis 17 Jahre</i>
2013	6 584	377	6 207
2014	11 642	723	10 919
2015	42 309	3 406	38 903
2016	44 935	3 160	41 775

Tabelle 2 stellt die Geschlechterverteilung von unbegleiteten Einreisenden nach Altersklasse nach der statistischen Auswertung des Bundesamtes für das Jahr 2016 dar. Auffällig ist der hohe Anteil an männlichen Flüchtlingen. In allen angegebenen

Altersklassen dominiert die Anzahl der männlichen Kinder und Jugendlichen, die in Deutschland durch das Jugendamt untergebracht wurden. Im Durchschnitt liegt die prozentuale Erfassung der männlichen unbegleiteten Einreisenden bei 91,7 % und schlussfolgernd die der weiblichen bei 8,3 %. Diese Werte decken sich mit der Tatsache, dass das Jugendamt im Allgemeinen achtfach so viele männliche Minderjährige registriert hat als weibliche (27). Die Mehrheit der untergebrachten männlichen Jugendlichen befindet sich im Sektor der 16- bis 18-Jährigen und ist mit einer Anzahl von 29.906 am stärksten vertreten.

*Tabelle 2: Dokumentation der Alters- und Geschlechterverteilung der im Jahr 2016 in Obhut genommenen unbegleiteten Minderjährigen (Eigene Darstellung in Anlehnung an Tangermann et al. (22) nach Statistisches Bundesamt (28))*

<i>Alter in Jahren</i>	<i>Männliche unbegleitete Einreisende</i>		<i>Weibliche unbegleitete Einreisende</i>	
	<i>Anzahl</i>	<i>Prozent</i>	<i>Anzahl</i>	<i>Prozent</i>
<i>12 – 14</i>	1.622	88,1	218	11,9
<i>14 – 16</i>	8.735	93,0	663	7,0
<i>16 - 18</i>	29.906	92,4	2.471	7,6
<i>Minderjährige Einreisende insgesamt</i>	41.217	91,7	3.718	8,3

Im Berichtsjahr 2020 wurden vom Bundesamt für Migration und Flüchtlinge insgesamt 102.581 Asylerstanträge in Deutschland erfasst (29). Im 5-Jahresvergleich auf S. 7 ist gut zu erkennen, dass sich die Zahlen der Asylerstanträge im Jahr 2016 stark von den restlichen Jahren 2017 bis 2020 abheben. Die Werte erreichen 2016 teilweise ihren Höhepunkt bei ca. 90.000 Asyleranträgen im Monat August. In den nachfolgenden Jahren wurden hingegen im August knapp unter 10.000 bis knapp unter 20.000 Anträge registriert (29).

Unter den Asylbewerbern waren 2020 die folgenden drei Herkunftsländer am stärksten vertreten:

- Syrien mit 35,5 %

- Afghanistan mit 9,7 %

- Irak mit 9,6 %.

In diesem Zeitraum waren 77,3 % der Asylsuchenden jünger als 30 Jahre und 53,9 % waren minderjährig. Rückblickend ist die Anzahl der männlichen Antragsteller weiterhin höher als die der weiblichen. Die Differenz ist in den letzten Jahren jedoch geringer geworden. Bei den 11- bis 15-Jährigen waren lediglich 55,3% männliche Antragsteller, währenddessen es bei den 16- bis 17-Jährigen 66,3% waren (vgl. Abbildung 2).

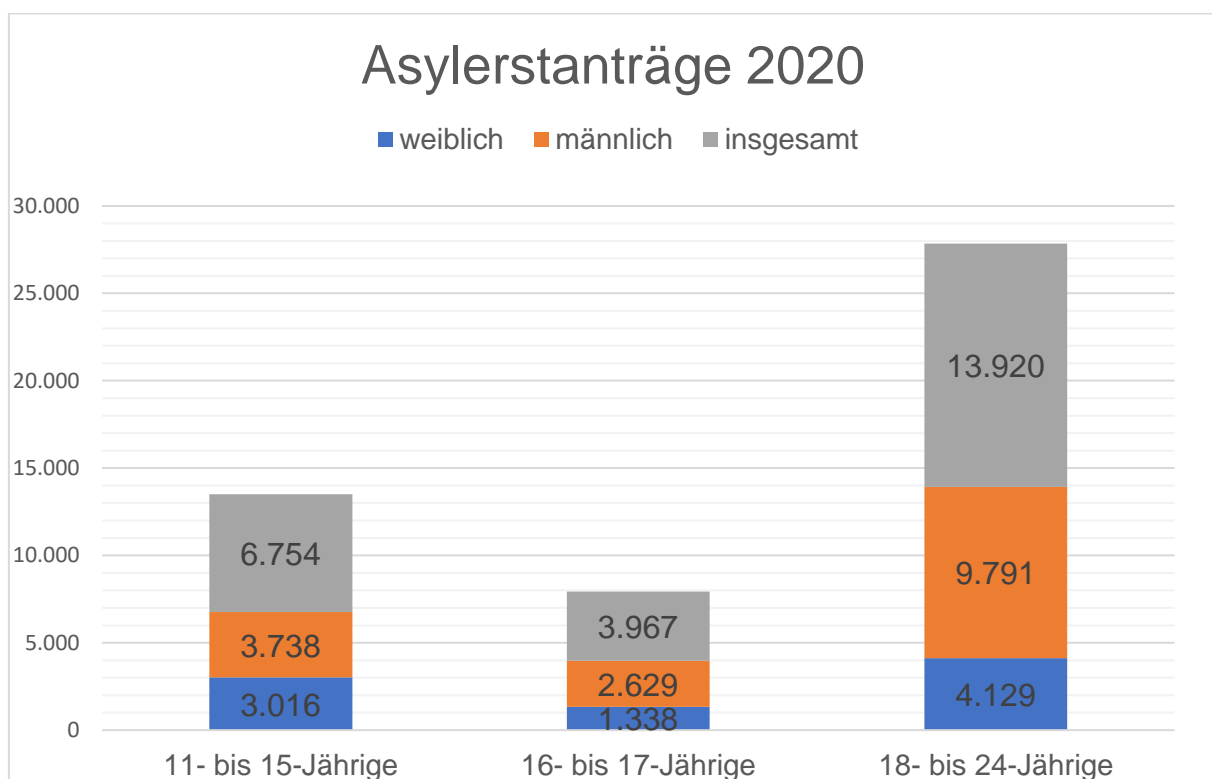


Abbildung 2: Auflistung der Asylerstanträge nach selektierter Altersgruppe und nach Geschlechterverteilung im Berichtsjahr 2020 (eigene Darstellung in Anlehnung an Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (29))

In Abbildung 2 ist zu erkennen, dass die Anzahl der Erstantragsteller in der Altersgruppe 18- bis 24-Jährigen um das 3,5-malige größer ist als die der Altersgruppe 16- bis 17-Jährigen.

## **2.2 Methoden der Altersschätzung zur Annäherung an das chronologische Alter**

### **2.2.1 Sozialpädagogische Altersschätzung**

Die sozialpädagogische Altersschätzung ist die vorgeschriebene Standardmethode nach den Handlungsempfehlungen der Landesjugendämter (30). Sie wird von einer Vielzahl der deutschen Bundesländer als Mittel der Altersschätzung akzeptiert (31).

Die UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees) ist überzeugt, dass das Alter in den meisten Fällen durch ein persönliches Gespräch und/ oder Beweisdokumenten ermittelt werden kann (32).

Das Erstaufnahmejugendamt nimmt innerhalb von sieben Tagen nach der Ankunft eine Inaugenscheinnahme von unbegleiteten Minderjährigen vor (33). Eine Inaugenscheinnahme ist eine nicht-medizinische Methode, die nicht-invasiv ist. Mit ihrer Hilfe soll das potentielle Alter durch ein Erstgespräch und eine Betrachtung der physischen Konstitution der Person festgelegt werden (34). Das Gespräch mit dem/ der Minderjährigen wird durch zwei qualifizierte sozialpädagogische Fachkräfte vom Jugendamt nach dem „Vier-Augen-Prinzip“ durchgeführt (35). Ziel der Befragung ist die Feststellung des biographischen Hintergrundes (Daten zur Identifikation, Lebenslauf, Fluchtroute, etc.), die Einschätzung der körperlichen Erscheinung und ggf. die Aufklärung von Widersprüchen der angegebenen Daten (35).

Die daraus resultierenden „fiktiven Altersfestsetzungen“ werden in der Regel für weitere bürokratische Schritte von den Behörden übernommen (36).

## 2.2.2 Medizinische Untersuchungsmethoden

### 2.2.2.1 Überblick

Bei ungewissen Fällen darf das Jugendamt mit der Zustimmung des zu Examinierenden, seinem/ ihrem Vormund oder durch amtliche Aufforderung bei Verdacht auf Missbrauch gemäß § 42 Absatz 2 S. 1 SGB VIII eine medizinische Untersuchung zur Altersbestimmung veranlassen. Diese werden unter anderem in die Wege geleitet, wenn die Erzählungen des unbegleiteten Minderjährigen un schlüssig sind und nicht in die Konstruktion des zeitlichen Ablaufs mit dem angegeben Alter passen (37). Die ärztlichen Untersuchungen müssen durch qualifiziertes Fachpersonal erfolgen und sollen nach dem aktuellen Stand der Forschung möglichst schonend durchgeführt werden (35, 38). Die zu untersuchende Person muss über die Untersuchungsmethoden und Konsequenzen der Altersbestimmung aufgeklärt werden und einwilligen (35). Bei Verweigerung ist das Jugendamt gemäß § 42f Absatz 2 SGB VIII i.V.m. § 66 SGB I berechtigt die Inobhutnahme zu beenden.

Medizinische Altersschätzungen finden auf Grundlage der biologischen Ontogenese statt. Zum Einsatz kommen morphologische und molekulare/ biochemische Techniken (39). Nach dem morphologischen Prinzip wird das Entwicklungsstadium der Zähne und der Knochen des Heranwachsenden beurteilt. Bei der biochemischen Herangehensweise werden entwicklungsbedingte Veränderungen auf molekularer Ebene untersucht. Hierbei werden unter anderem Zähne benötigt, um diese biochemisch auf die Razemisierung von Asparaginsäure zu untersuchen (40). Heutzutage werden primär nicht-invasive, morphologische Methoden zur Altersdiagnostik angewendet.

Nach den Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik (AGFAD) und der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin gibt es drei gängige Methoden zur Altersbestimmung an Lebenden innerhalb (41) und außerhalb eines Strafverfahrens (14). Sie werden eingeteilt in morphologische Methoden (Größe, Gewicht, Körperbautyp, sexuelle Reife), radiologische Methoden (Orthopantomogramm (OPG) und linkes Handradiogramm) und die dentale Examination (dentaler Status und OPG) (42). Diese Vorgehensweise beruht auf gewonnenen Erkenntnissen im ärztlichen sowie zahnärztlichen Bereich (43). Des

Weiteren wird empfohlen alle genannten Methoden in der Gesamtheit zu evaluieren, um eine erhöhte Zuverlässigkeit der Altersschätzung mit möglichst geringer Fehlerquote zu erhalten und um gegebenenfalls altersrelevante Entwicklungsstörungen zu erkennen (41, 44).

Ab dem 21. Lebensjahr gilt das Erwachsenenstrafrecht. Für die Beurteilung der Anwendbarkeit des Strafrechtes bei einem sich potentiell im Erwachsenenalter befindlichen Straftäters kann die Analyse der Ossifikation der Epiphyse der medialen Clavicula in Form von einer Röntgen- oder CT-Aufnahme als hilfreiches Werkzeug der Altersidentifikation herangezogen werden (45). Die Anwendung von Röntgenuntersuchungen ist je nach Bundesland unterschiedlich und muss vorher genehmigt werden (44).

Jede Teiluntersuchung sollte durch eine qualifizierte medizinische Fachkraft durchgeführt werden, die über Expertise in der Altersevaluierung verfügt und sich regelmäßig einer Qualitätsprüfung unterzieht (44). Im jeweiligen Gutachten müssen die angewendeten Methoden und Referenzstudien aufgelistet sein (46). Des Weiteren wird das berechnete Mindestalter und/ oder das wahrscheinlichste Alter der examinieren Person dokumentiert (47). Das Mindestalterkonzept bietet den Vorteil eine Aussage über das Unter- oder Überschreiten von gesetzlich relevanten Altersgrenzen zu tätigen (1). Das Gesamtergebnis aus ärztlichen Untersuchungen und bereits vorher ermittelten Daten zur Altersbestimmung wird innerhalb von Fehlergrenzen zum Vorteil für die minderjährige Person durch das Jugendamt beurteilt (35).

Der Vorteil der medizinischen Altersschätzung nach den Empfehlungen der AGFAD gegenüber der reinen äußeren Inaugenscheinnahme liegt in ihrer Standardisierbarkeit und ihrer Objektivität (48). Aufgrund der entwicklungsbiologischen unterschiedlichen Herkunft der Keimblätter für die Knochen- und Zahnentwicklung ist eine multifaktorielle Analyse des Skelettes und der Zähne von großem Interesse (39).

Im Zeitraum von 1952 bis 2020 wurden in einer Übersichtsarbeit von Cummaudo et al. insgesamt 439 Studien zur Zahnreifebestimmung und 200 Studien zur Skelettreife bezogen auf die Altersbestimmung für 98 Länder und ihre Population erfasst (49).

### 2.2.2.2 Körperliche Examination

Im Rahmen der körperlichen Examination werden nach der Aufklärung und Zustimmung der zu untersuchenden Person anthropometrische Daten des zu Examinierenden erfasst. Diese inkludieren die Körpergröße, das Gewicht und die Einteilung in den Körperbautyp (41). Zusätzlich findet eine Erhebung der allgemeinen und familiären Anamnese statt, bei der Reifezeichen untersucht werden und ggf. Entwicklungsverzögerungen aufgedeckt werden. Umweltmerkmale wie der sozioökonomische Hintergrund der Familie des Kindes und die vorangegangene psychische Belastung haben einen großen Einfluss bei der Entstehung von Entwicklungsstörungen (50). Die physische Examination ist ein wichtiges Instrument, um eventuelle internistische Krankheiten zu erkennen, die einen Einfluss auf die Reifeentwicklung haben (51). Es gibt Krankheiten, die die Entwicklung des Körpers beim Wachstum verzögern oder beschleunigen. Seltene endokrine Störungen können die Skelettreifung beschleunigen (52). Die Ausführung der körperlichen Inspektion findet auf freiwilliger Basis statt und kann die Genital- und Gebissinspektion einschließen (48). Eine im Einverständnis durchgeführte körperliche Untersuchung birgt nur ein geringes Potenzial der Traumatisierung (48).

Die Examination weiblicher Personen findet bei Kapazität durch Ärztinnen statt (48). Hierbei wird der Zeitpunkt der Menarche und eventuell vorliegende oder bereits abgeschlossene Schwangerschaften in Erfahrung gebracht (48).

In der Regel wird keine Genitaluntersuchung durchgeführt. Dies gilt auch für die Betrachtung der sekundären Geschlechtsmerkmale (35). Im Strafverfahren dürfen die sexuellen Reifezeichen jedoch evaluiert werden (41). Im Gegensatz dazu ist die Genitaluntersuchung im Asylverfahren gesetzlich ausgeschlossen (38).

Im Fall der Genitaluntersuchung wird im Allgemeinen die Stadieneinteilung nach Tanner und Marshall zur sexuellen Reife separat für Mädchen (53) und für Jungen (54) angewendet. Die Einteilung ermöglicht eine Orientierung zur Beurteilung der Genital- und Brustentwicklung sowie der Schambehaarung an.

Tabelle 3: Beschreibung der vier Reifephasen nach Flügel et al. (55) (Eigene Darstellung)

	<i>Altersintervall der Mädchen</i>	<i>Altersintervall der Jungen</i>
<i>Infantile Phase</i>	bis 11 Jahre	bis 12 Jahre
<i>Erste puberale Phase</i>	11 bis 13 Jahre	12 bis 14 Jahre
<i>Zweite puberale Phase</i>	13 bis 16 Jahre	14 bis 17 Jahre
<i>Mature Phase</i>	ab 16 Jahre	ab 17 Jahre

Flügel et al. bieten eine Einteilung der sexuellen Reifeentwicklung in vier Phasen an (55). Diese Einteilung ist nach Geschlechtern getrennt und ordnet den vier Phasen Altersintervalle zu. Die Phasen sind als infantile, erste puberale, zweite puberale und mature Phase klassifiziert. In dieser Reihenfolge beschreiben sie eine zunehmende Reife des Heranwachsenden. Wie anhand Tabelle 3 zu erkennen ist, können Mädchen im Vergleich zu gleichaltrigen Jungen bereits im jüngeren Alter den Phasen zugeordnet werden.

Da die sexuelle Reife einen großen Spielraum in der Alterszuordnung zulässt, sollte sie nur in Zusammenhang mit der skelettalen Reife und der Zahnentwicklung beurteilt werden (51).

Das Hauptziel dieser initialen Untersuchung ist herauszufinden, ob Einflussfaktoren auf das Wachstum oder die Entwicklung vorliegen, da sonst keine Errechnung des chronologischen Alters auf Basis des biologischen Alters erfolgen kann (1).

In den vergangenen Jahren entstanden zunehmend anthropometrische Methoden, wie z. B. von Cummaudo et al. (56), zur forensischen Altersschätzung anhand von Gesichtsmerkmalen. Mithilfe von Front- oder Profilaufnahmen können 33 standardisierte Messpunkte im Gesicht registriert und verwertet werden (57). Hierbei wird die Distanz der Punkte zueinander bemessen, die eine Korrelation zum Alter aufweist (56).

### 2.2.2.3 Röntgenologische Examination der linken Hand

In diesem Verfahren wird standardmäßig ein Radiogramm der linken Hand angefertigt. Nicht nur die körperliche Inspektion, sondern auch das Radiogramm der Hand gibt Auskunft über potenzielle Krankheiten oder Syndrome des untersuchten Kindes (58). Manche Krankheiten zeigen sich durch spezielle röntgenologische Merkmale, wie z. B. der Hyperparathyreoidismus in Form von kortikaler Resorption oder das Marfan Syndrom durch grazile Finger und Mittelhandknochen (58).

Im Verlauf der spätpubertären Phase verknöchern die Epiphysenfugen der kurzen Röhrenknochen der Hand in einer typischen Chronologie. Diese Reihenfolge erlaubt Schlussfolgerungen von den biologischen Lebensjahren auf die chronologischen. Mit dem Erreichen des Alters von ca. 17 Jahren bei Mädchen und ca. 18 Jahren bei Jungen ist die Fusion der distalen Wachstumsfuge vollendet (59). Falls röntgenologisch offene Epiphysenfugen erkannt werden, wird eine zu examinierende Person im Gutachten nicht älter als 18 Jahre klassifiziert (52).

Zur Beurteilung gibt es zwei gängige Methoden: Die Atlas-Methode und die Einzelknochenmethode. Beurteilt wird der Grad der Ossifikation der Epiphysenfugen und die anatomischen Charakteristika der einzelnen Knochen.

Nennenswerte Vertreter der Atlas-Methode sind Greulich und Pyle (60), Thiemann et al. (61) und Gilsanz und Ratib (62). Zu den knochenspezifischen Methoden (Einzelknochenmethode) gehören unter anderem Tanner und Whitehouse (63) und Roche et al. (64) (auch die Fels-Methode genannt).

Die Atlas-Methode zeichnet sich durch den Vergleich des zu begutachtenden Röntgenbildes mit Referenzbeispielen, die zuvor von Greulich und Pyle in einem Atlas als Vergleichswerk zusammengefasst wurden (60), aus. Besonderes Augenmerk gilt der Ontogenese der Wachstumsfugen. Die im Atlas zu findenden repräsentativen Röntgenbilder sind nach Geschlecht und dem chronologischen Alter sortiert.

Die Knochenspezifische Methode bestimmt für 20 Hand- und Handgelenksknochen das Maß der Knochenreife. Durch Zuteilung individueller Werte kann schlussfolgernd das zuordbare Alter als Summe der Einzelwerte anhand von einer Referenztafel geschätzt werden. Dieses Verfahren erfordert einen größeren Zeitaufwand als die Atlas-Methode.

Obwohl sich das Handskelett in der Regel in einer festen Chronologie folgend entwickelt, gibt es Fälle mit inhomogenen Reifungseinteilungen (59). Das Alter dieser Betroffenen mit unterschiedlichen Skelettelementen kann durch die Einzelknochenmethode bestimmt werden. Die Aussagekraft der Methode von Greulich und Pyle (60) und der Methode von Tanner und Whitehouse (63) ist vergleichbar, weswegen keine der beiden genannten Methoden als präziser als die andere eingestuft werden kann (65).

Die skelettale Reife durchläuft in allen ethnischen Gruppen die gleichen Entwicklungsstadien (66) und kann aus diesem Grund bei der Altersdiagnostik vernachlässigt werden. Der sozioökonomische Faktor wirkt sich auf die Ossifikationsgeschwindigkeit aus. Ein hoher sozioökonomischer Standard beschleunigt die Ossifikation, währenddessen ein niedriger eine Verlangsamung verursacht (67). Da die Referenzwerte von Greulich und Pyle für Personen aus wirtschaftsstarken Ländern gelten, werden Personen aus wirtschaftsschwachen Ländern meist jünger geschätzt (67). Diese Unterschätzung des chronologischen Alters ist keinesfalls nachteilig für die untersuchte Person.

Da ein Risiko der Überschätzung des Alters von bis zu 7,2 Monaten bei Frauen in der Altersgruppe der 14- bis 18-Jährigen bei der Anwendung der Methode von Gilsanz und Ratib festgestellt wurde, wird die Anwendung dieser Methode zur forensischen Altersschätzung nur eingeschränkt empfohlen (68).

Schmidt et al. empfehlen die Atlas-Methode nach Greulich und Pyle und nach Thiemann et al. für die Anwendung der Altersschätzung im Strafverfahren (68).

Die Anwendung der Methode nach Thiemann et al. findet primär im deutschsprachigen Raum statt, währenddessen die Methode nach Greulich und Pyle weltweit am meisten eingesetzt wird (69).

Aufgrund von starken Abweichungen der Befunde, rät Jung zu einer wissenschaftlich fundierten Diskussion über die Applikation und Limitationen der röntgenologischen Skelettaltersbestimmung (70).

### 2.2.2.4 Zahnstatusexamination

#### Überblick

Der Zahnstatus wird in Deutschland mittels des FDI-Zahnschemasystems erhoben. Dieses Zahnschema wurde 1970 entwickelt und wird von der *Fédération Dentaire Internationale* (FDI) und der World Health Organisation (WHO) zur Verwendung bei einer Befunderhebung empfohlen (71). Dabei wird der Ober- und der Unterkiefer jeweils in zwei Quadranten unterteilt und die Zähne in jedem Quadranten fortlaufend von 1 (mittlerer Incisivus) bis 8 (Dens sapiens) nummeriert. Der obere rechte Quadrant wird durch eine 1 beschrieben, oben links durch eine 2, unten links durch eine 3 und unten rechts durch eine 4 (vgl. Abbildung 3). Es ist ein verständliches zweiziffriges System, ohne Vorzeichen und Besonderheiten und wird allen Kriterien der einfachen Anwendung gerecht (72, 73).

<b>18</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Abbildung 3: Darstellung FDI-Schema (Eigene Darstellung)

Die aktuelle Konstitution eines menschlichen Gebisses kann durch eine orale Inspektion und der Anfertigung eines Orthopantomogramms (OPGs) gut beurteilt werden. Diese Panoramaschichtaufnahme bietet einen guten Überblick über das gesamte Gebiss einschließlich der Zähne und ihrer Beziehung zur Mundhöhle. Verschiedene Faktoren wie der Zahndurchbruch und der Mineralisationsstand der Weisheitszähne lassen Rückschlüsse auf das Alter des Patienten zu. Aus diesem Grund bilden sie die Basis der forensisch-odontologischen Altersdiagnostik.

Die Zahnentwicklung bedingt die Anlage eines Zahnkeims im Ober- und/ oder Unterkiefer. Zu Beginn mineralisieren die Höckerspitzen des später vollentwickelten Zahns. Danach werden die Kauflächen gebildet und anschließend die Krone bis zur Zahnwurzel. Der Apexschluss signalisiert den Abschluss der Wurzelbildung. Noch vor dem Wachstumsende eruptiert die Zahnkrone und bricht durch die krestal gelegene

Kortikalis und Gingiva. Im Idealfall gliedert sich der Zahn zum Wachstumsende in die Zahnreihe ein.

Ab dem 12. Lebensjahr erreichen die permanenten Zähne bis auf die Weisheitszähne im Rahmen der zweiten Dentition die Okklusionsfläche. Die Weisheitszähne eruptieren erst ab dem 16. Lebensjahr. Anhand der Eruption der Weisheitszähne kann auf das Alter des Patienten rückgeschlossen werden. Die Eruption beschreibt den Zahndurchbruch in die Mundhöhle bis zur Eingliederung in die Zahnreihe und wird in vier Stufen eingeteilt, wobei „A“ den Beginn und „D“ den vollkommenen Durchbruch beschreibt (74). Die Zahneruption kann sowohl klinisch als auch radiologisch erfasst werden (74) und kann beim Fehlen eines OPGs angewendet werden.

Da die Eruption von Zähnen durch viele Faktoren beeinflusst wird (z. B. frühzeitiger Zahnverlust, Retention, Impaktion und Platzmangel), liegt der Fokus der Untersuchung auf der Betrachtung der Zahnmineralisation, die weniger von Umwelteinflüssen abhängig ist (75). Vor allem bei Minderjährigen sind die Stadien der Mineralisation des Zahnes von Bedeutung, da der alveolare Durchbruch sehr variabel ist und dementsprechend nicht zur Altersbegutachtung benutzt werden kann (76). Nach Abschluss des Wachstums können Zähne nicht mehr eigenständig die Okklusionsebene erreichen.

Zahnmorphologische Methoden zur Altersschätzung können nach Urschler et al. bis zur Beendigung der zweiten Dentition (bis maximal 20 Jahre) angewendet werden (39). Wobei die Vollendung des Wurzelwachstums der Weisheitszähne in allen vier Quadranten nur bei 14 % der Menschen zum Zeitpunkt des 21. Lebensjahres beobachtet wurde (77). Die Zahnentwicklung korreliert mit dem chronologischen Alter (78) und eignet sich aus diesem Grund für die Altersbestimmung, da die Entwicklung und der Durchbruch der Weisheitszähne mit den juristisch relevanten Altersgrenzen (14, 16, 18 und 21 Jahre) einhergehen (79, 80). Bei retinierten Zähnen wurde ein verlangsamtes Wachstum der Weisheitszähne beobachtet (77). Des Weiteren konnte bei Kindern mit Behinderungen (Taubheit, verminderte Intelligenz) ein retardierter Entwicklungszustand des Gebisses festgestellt werden (81). Dies muss bei der Beurteilung der Weisheitszähne berücksichtigt werden.

Die Altersbestimmung durch die Beurteilung der Weisheitszähne sollte geschlechterspezifisch erfolgen. Bei Männern tritt der Beginn der Wurzelentwicklung früher ein als bei Frauen (77). Bei der Einleitung der Wurzelbildung wurde die größte

Spannweite zwischen Männern und Frauen mit durchschnittlich 1,4 Jahren Differenz beschrieben (77).

Hinsichtlich der Mineralisation der Weisheitszähne wurde intramaxillär im Seitenvergleich kein statistisch signifikanter Unterschied entdeckt, demnach findet im zeitlichen Verlauf eine symmetrische Entwicklung statt (77, 80). Folglich reifen die Weisheitszähne in den jeweiligen Kieferhälften ebenmäßig (82).

Im Folgenden wird die Herangehensweise und Methode nach Demirjian et al. (17, 83) zur Altersbestimmung erläutert.

Demirjian et al. definierten eine Methode zur Altersfeststellung mit Hilfe von vier Kronen- und Wurzelstadien. Die Stadien bekamen eine alphabetische Reihenfolge von „A“ bis „H“, wobei „A“ den Beginn der Kalzifikation der Krone und „H“ den vollkommenen Abschluss der Wurzelbildung beschreibt. Die Stadien basieren auf der Formveränderung des Zahnes während der Entwicklung. Die ursprüngliche Methode fand Anwendung an sieben Zähnen der linken Mandibel. Heutzutage wird die Stadieneinteilung primär bei Weisheitszähnen angewendet. Es wurde bewusst von einer numerischen Reihenfolge abgesehen, da die Durchläufe der Stadien nicht von gleicher Zeitdauer sind (80). Die Referenzdaten der Methode nach Demirjian wurden an französisch-kanadischen Kindern erhoben. Zur dentalen Altersbestimmung fand diese Methode bisher am meisten Anwendung (84). Retinierte Weisheitszähne im Stadium G und H weisen im Vergleich zu nicht retinierten Weisheitszähnen sowohl bei Frauen und Männern eine verzögerte Entwicklung auf (85).

Die ethnische Herkunft muss bei der Beurteilung der Mineralisationsstadien berücksichtigt werden. Bei gleichem Mineralisationslevel stellte sich heraus, dass aus der Mongolei stammende Personen bei den Stadien D bis F durchschnittlich 1-2 Jahre älter und Afrikaner:innen in den Stadien D bis G ca. 1-2 Jahre jünger als Kaukasier:innen waren (86). Somit konnten Olze et al. schlussfolgern, dass die Anwendung von Referenzwerten eingeteilt nach Ethnien den Präzisionsgrad der Zahnaltersbestimmung verbessert (86).

Nach der Betrachtung einiger Methoden zur Altersschätzung anhand von Weisheitszähnen empfehlen Olze et al. die Methode nach Demirjians Stadien (87). Die Korrelation der Stadien mit dem tatsächlichen Alter und die Übereinstimmung der

Zuteilung durch unterschiedliche Probanden erreichte bei Demirjians Methode die höchste Übereinkunft (87). Marrero-Ramos et al. kamen in ihrer Forschung ebenfalls zu dem Schluss, dass eine hohe Konkordanz der Betrachtenden bei der Anwendung dieser Methode erwartet werden kann (88). Eine Stärke dieser Methode stellt die gänzliche Reproduzierbarkeit dar (89).

In der Literatur wird vermehrt eine Überschätzung des chronologischen Alters bei der Anwendung der Methode nach Demirjian beschrieben (90-92). Im Mittel beträgt diese eine Abweichung von 0,62 Jahren bei Jungen und 0,72 Jahren bei Mädchen (93). Das Alter von Mädchen wird stärker überschätzt als das von Jungen (93).

Es wird vermehrt die Methode nach Willems (75) untersucht. Sie stellt eine Modifikation der Methode nach Demirjian dar und wurde anhand der Daten von belgischen Kaukasier:innen ermittelt. Sie evaluiert ebenfalls sieben Zähne der linken Mandibel (ohne den Weisheitszahn) und teilt die Mineralisationsstadien in „A“ bis „H“ ein. Anschließend wird ein Reifewert aus den individuellen Werten der Buchstabenstadien errechnet und mit Hilfe von publizierten Tabellen in ein Zahnalter überführt. Diese Werte sind geschlechterspezifisch unterteilt. Willems Ziel war es durch eine neue Zuordnung von Werten der Stadien eine präzisere Altersschätzung zu erzielen. Nach einer Studie von Hegde et al. an indischen Kindern ist die Methode nach Willems die akkurateste, gefolgt von der Methode nach Demirjian (94). Im Mittel beträgt die Abweichung der Altersschätzung mit Hilfe der Methode nach Willems 0,26 Jahre für Jungen und 0,29 Jahre für Mädchen (93).

Weitere Methoden zur Altersschätzung anhand von Zähnen bieten unter anderem Haavikko (95), Solheim (96) und Kvaal (97).

Haavikko (95) evaluierte das chronologische Alter anhand von zwölf radiologischen Stadien für jeweils vier Referenzzähne. Diese variieren abhängig davon, ob die zu evaluierende Person die Zehn-Jahres-Altersgrenze über- oder unterschreitet. Aus dem Mittelwert der Schätzungen wird das Alter berechnet (98).

Solheim (96) fokussierte sich auf die äußerlich ersichtlichen Zahnmerkmale wie Attrition, Verfärbungen und Rezessionen des parodontalen Attachments. Die klinische Inspektion bietet die benötigten Informationen für die Feststellung dieser Faktoren bei lebendigen Personen (99).

Die Methode nach Kvaal zieht das gemessene Verhältnis zwischen Pulpa, Zahnbreite und -länge von einwurzeligen Zähnen als Maßstab heran (97). Aufgrund der stetigen Bildung von Sekundär dentin wird der Wurzelkanal im Laufe des Lebens zunehmend schmaler und kann als Altersindikator verwendet werden (12). Die Methode kann mit Hilfe eines OPGs angewendet werden, da der Fokus auf dem oben genannten Verhältnis liegt und keine Kalibration oder Standards von Zahngrößen vorausgesetzt werden (100).

### 2.2.2.5 Röntgenologische Examination der Schlüsselbeine

Wird anhand des Radiogramms der linken Hand eine bereits abgeschlossene Knochenreifung festgesellt, so ist aller Voraussicht nach die zu untersuchende Person mindestens 18 Jahre alt (59). Eine abgeschlossene Knochenreifung der Hand ist die Voraussetzung zur radiologischen Examination der Schlüsselbeine. Da die Schlüsselbeine im Vergleich zum Rest der Knochen im menschlichen Körper am spätesten ossifizieren, können sie als Grundlage genutzt werden um festzustellen, ob das Alter der Person über oder unter 21 Jahre liegt (101).

Der Standard für die Bewertung der Ossifikationsstadien der medialen Claviculaepiphyse ist die Dünnschichtcomputertomographie (102). Aufgrund von Überlagerungen bei der PA-Projektion (posterior-anterior) und Ungenauigkeiten beim schrägen Röntgenstrahlengang wird das zweidimensionale Röntgenverfahren für die Beurteilung der Schlüsselbeine im Rahmen der forensischen Altersschätzung nicht mehr empfohlen (103).

Zur Beurteilung der Ossifikation wurden 5 Stadien beschrieben (101):

*Tabelle 4: Beschreibung der Ossifikationsstadien der medialen Claviculaepiphyse (Eigene Darstellung in Anlehnung an Schmeling A. (101))*

<i>Stadium</i>	<i>Beschreibung</i>
1	Noch keine Ossifikation im Zentrum
2	Das Zentrum ist ossifiziert, aber der epiphysiale Knorpel nicht
3	Der epiphysiale Knorpel ist bereits zu Teilen ossifiziert
4	Der epiphysiale Knorpel ist vollständig ossifiziert
5	Es liegt eine Fusion des epiphysialen Knorpels vor und die Knochennarbe ist nicht mehr erkennbar

Stadium 4 kann keine garantierte Aussage über das Unterschreiten des 21. Lebensjahres von Frauen tätigen (101). Beim Erreichen des Ossifikationsstadiums 5 kann für Frauen und Männer das Minimalalter von 26 Jahren angenommen werden (101). Analog zum Handradiogramm konnte kein Einfluss der Ethnie auf die Skelettreifung der Schlüsselbeine festgestellt werden (104). Konträr dazu hat das Geschlecht und der sozioökonomische Status des Heranwachsenden einen erheblichen Effekt auf die Knochenentwicklung (104).

## 2.3 Rechtliche Grundlagen der Altersbestimmung

### 2.3.1 Überblick

Im Folgenden (vgl. Tabelle 5) sind die für die Altersschätzung relevanten Gesetze tabellarisch aufgelistet. Sie dienen zur Übersicht und werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert.

Tabelle 5: Auflistung der relevanten Gesetze in der Altersdiagnostik (Eigene Darstellung)

<i>Rechtskategorie</i>	<i>Paragraph</i>	<i>Titel</i>
<i>Asylrecht</i>	§ 12 AsylG	Handlungsfähigkeit
	§ 49 AufenthG	Überprüfung, Feststellung und Sicherheit der Identität
	§ 68 AuslG	Handlungsfähigkeit Minderjähriger
	§ 80 AufenthG	Handlungsfähigkeit
<i>Familienrecht</i>	§ 26 FamFG	Ermittlung vom Amts wegen
	§ 29 FamFG	Beweiserhebung
	§ 30 FamFG	Förmliche Beweisaufnahme
	§ 1773 BGB	Vormundschaft - Voraussetzungen
<i>Sozialrecht</i>	§ 7 SGB VIII	Begriffsbestimmungen
	§ 8 SGB I	Kinder- und Jugendhilfe
	§ 42 SGB VIII	Inobhutnahme von Kindern und Jugendlichen
	§ 48 SGB X	Aufhebung eines Verwaltungsaktes mit Dauerwirkung bei Änderung der Verhältnisse
	§ 62 SGB I	Untersuchungen
	§ 66 SGB I	Folgen fehlender Mitwirkung
	§ 96 SGB X	Ärztliche Untersuchungen, psychologische Eignungsuntersuchungen

<i>Strafrecht</i>	§ 1 JGG	Persönlicher und sachlicher Anwendungsbereich
	§ 19 StGB	Schuldunfähigkeit des Kindes
	§ 81a StPO	Körperliche Untersuchung des Beschuldigten; Zulässigkeit körperlicher Eingriffe
	§ 271 StGB	Mittelbare Falschbeurkundung
	§ 263 StGB	Betrug
	§ 371 ZPO	Beweis durch Augenschein
	§ 372 ZPO	Beweisaufnahme
	§ 402 ZPO	Anwendbarkeit der Vorschriften für Zeugen
<i>Strahlenschutz</i>	§ 83 StrlSchG	Anwendung ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe am Menschen
	§ 119 StrlSchV	Rechtfertigende Indikation

### 2.3.2 Asylrecht

Unbegleitete minderjährige Personen, die gemäß § 7 Absatz 1 S. 1 und 2 SGB VIII jünger als 18 Jahre alt sind, dürfen durch das Jugendamt gemäß § 42f SGB VIII in Obhut genommen werden. 2015 wurde ein Drittel der Asylbewerber:innen in der Kategorie „Kinder unter 18 Jahren“ registriert (105). Die Inobhutnahme wird gemäß § 48 Abs. 1 S. 1 SGB X beendet, sobald Volljährigkeit besteht. In Deutschland wird im Gegensatz zu vielen anderen EU-Ländern die Altersbegutachtung durch das Jugendamt und nicht durch die Asylbehörden veranlasst (106). Die Altersgrenze von 16 Jahren ist neben der Minderjährigkeit im Asylverfahren von großem Interesse (107), da der/ die Jugendliche ab 16 Jahren gemäß § 68 Abs. 1 AuslG und § 12 AsylVfG als handlungsfähig gilt. Diese Altersgrenze ist vor allem für die Unterbringung des Asylsuchenden maßgebend, da Kinder unter 16 Jahren über die Jugendämter eine Unterkunft gestellt bekommen und Jugendliche ab 16 Jahren in einer Sammelunterkunft mit weiteren Asylsuchenden untergebracht werden (14).

Die amtliche Vorgehensweise zur Altersfeststellung wird chronologisch in folgender Reihenfolge durchgeführt (35):

1. Einsicht in Identifikationsdokumente
2. Qualifizierte Inaugenscheinnahme
3. Medizinische Examination in Zweifelsfällen.

Ohne Einwilligung darf keine Altersschätzung erfolgen (14).

Indizien für einen berechtigten Zweifelsfall, die eine medizinische Examination erforderlich machen, können zum Beispiel folgende sein (35):

1. Die bisher durchgeführten Methoden zur Altersbestimmung lieferten kein sicheres Resultat
2. Bei einer Übereinstimmung der Identität im EURODAC System mit abweichendem Geburtsdatum
3. Bei vorliegenden Widersprüchen der Aussagen des zu Begutachtenden

4. Bei dem Vorliegen neuer Hinweise, in Form von Dokumenten oder Aussagen Bekannter des Jugendlichen, die nicht mit den bisherigen Ermittlungen des Alters übereinstimmen
5. Bei Diskrepanz der Ergebnisse der Gutachten zur Alterseinschätzung
6. Beim Verdacht auf unpassender Altersfeststellung oder gar Volljährigkeit.

Bei einer bewussten, fehlerhaften Angabe bei der Altersauskunft im Asylantrag wird dies als Falschbeurkundung gemäß § 271 Abs. 1 StGB und Betrug gemäß § 263 Abs. 1 StGB geahndet. Liegt eine solche Straftat vor, greifen die Richtlinien zur Altersfeststellung im Strafverfahren (14).

Im Asylrecht, gemäß dem Aufenthaltsgesetz § 49 Absatz 6 Satz 1 und Absatz 6a AufenthG gibt es keine rechtfertigende Indikation für den Einsatz von Röntgenstrahlung im Rahmen einer Altersbestimmung. Erlaubt sind Maßnahmen, die nicht der Gesundheit des Asylsuchenden schaden, wie z. B. das Aufnehmen von Lichtbildern, Messungen am Körper und das Abnehmen von Fingerabdrücken. Der 110. Deutsche Ärztetag 2007 lehnt die Beteiligung von medizinischen Fachkräften zur Feststellung des Alters im Asylverfahren ab, da diese Beteiligung nicht in Verbindung mit einer Verhinderung oder einer Therapie einer Erkrankung steht und somit nicht mit dem Berufsrecht vereinbar sei (108). Des Weiteren ist der Einsatz von Röntgenstrahlung potenziell gefährlich und sollte nur gemäß § 83 StrlSchG sowie § 119 StrlSchV bei einer rechtfertigenden Indikation laut Röntgenverordnung nach strengen medizinischen Kriterien angewendet werden. Die Deutsche Röntgen Gesellschaft und die Gesellschaft für Medizinische Radiologie e. V. sehen keine Legitimation in der Anwendung von radiologischen Verfahren in Bezug auf § 62 SGB I i. V. m. § 96 SGB X (109).

### 2.3.3 Strafrecht

In Deutschland sind die verfassungsmäßig ausschlaggebenden Altersgrenzen im Strafverfahren das 14., 18. und 21. Lebensjahr. Gemäß der Gesetzeslage sind Kinder unter 14 Jahren strafunmündig (§ 19 Strafgesetzbuch) und bleiben auch nach einem Strafbestand straflos. Ab dem 14. Lebensjahr greift das Jugendstrafrecht (§ 1 Jugendgerichtsgesetz)

Gemäß § 1 Jugendgerichtsgesetz (JGG) gilt:

- als Jugendlicher, wer zum Zeitpunkt der Straftat bereits 14 Jahre oder älter, aber noch jünger als 18 Jahre ist
- als Heranwachsender, wer bei dem Delikt bereits mindestens 18 Jahre, aber jünger als 21 Jahre alt ist.

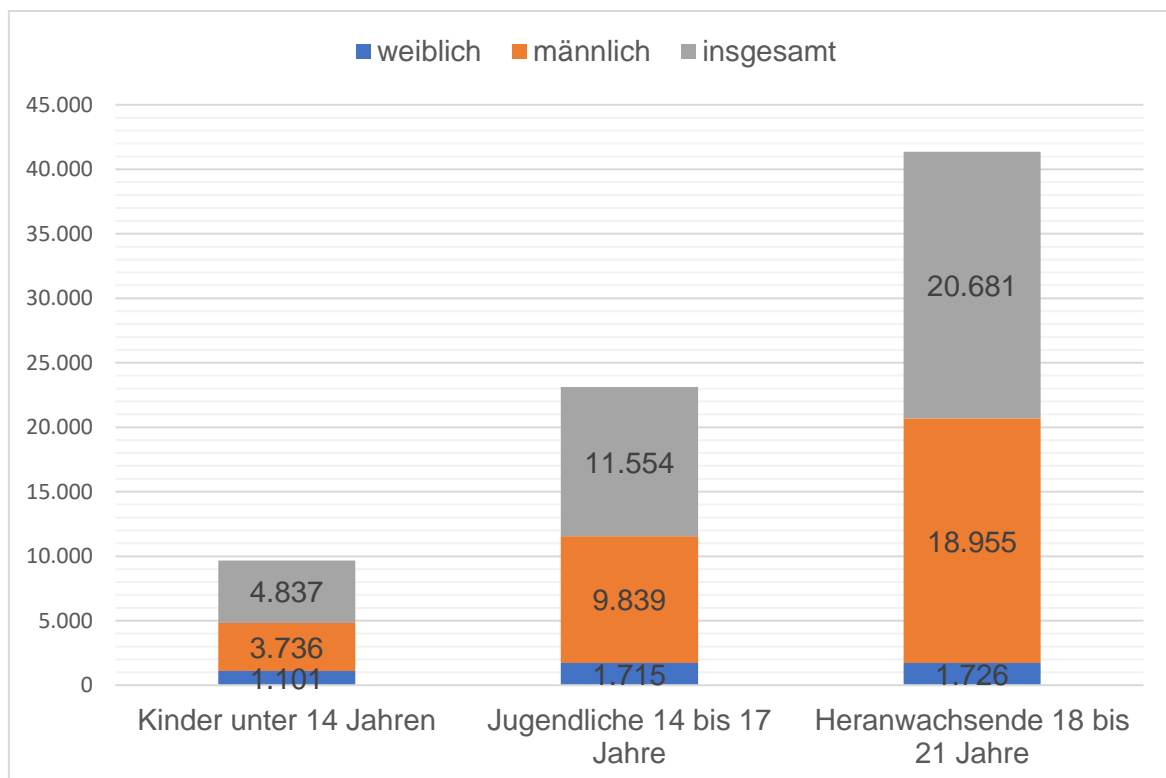


Abbildung 4: Tatverdächtige Immigranten im Jahr 2019 aufgeteilt in Altersgruppe und nach Geschlechterzugehörigkeit (Eigene Darstellung in Anlehnung an Bundeskriminalamt (110)).

Abbildung 4 gibt einen Überblick über straftätige Immigranten im Jahr 2019. Insgesamt wurden 4.837 Kinder unter 14 Jahren registriert, die jedoch nach § 19 StGB straflos blieben. Die Zahl der straftätigen Heranwachsenden war 2019 knapp doppelt so hoch, wie die der Jugendlichen. Es wurden deutlich mehr gesetzwidrige Männer registriert als Frauen. Bei den Kindern unter 14 Jahren waren 77,2 % männlich, bei den Jugendlichen unter 18 Jahren waren es 85,1 % und bei den Heranwachsenden unter 21 Jahren waren es 91,6 %.

Um das Strafmaß des Kriminellen zu beschließen, bedarf es der Kennung des Alters des/ der Angeklagten. Ist das Alter unklar oder nicht eindeutig feststellbar, wird die Forensische Altersschätzung gemäß den Empfehlungen der AGFAD im Strafverfahren angewendet (41). Im Strafverfahren ist keine Einwilligung des zu Untersuchenden nötig. Auf der Grundlage der Strafprozessordnung (StPO) § 81a StPO und richterlichen Anordnung dürfen Zwangsmaßnahmen, wie die körperliche Untersuchung und körperliche Eingriffe (Blutentnahme, etc.) gegen das Einverständnis des Beschuldigten angewendet werden. Vorausgesetzt wird, dass der/ die Tatverdächtige keinen Gesundheitsnachteil befürchten muss (111).

Wurde der/ die Tatverdächtige in eine falsche Altersgruppe eingeordnet, ist dieses Urteil anfechtbar (112). Sind die Resultate der Alterseinschätzung uneindeutig wird richterlich nach dem Prinzip „in dubio pro minore“ entschieden (113).

Die Anwendung von Untersuchungen mit dem Einsatz von Röntgenstrahlen bedarf der rechtlichen Indikation gemäß § 83 StrlSchG sowie § 119 StrlSchV. Der Nutzen des Röntgenstrahlengebrauchs muss gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegen. Die niedrige Strahlenexposition bei einer routinemäßigen Röntgenuntersuchung der linken Hand und durch ein OPG zugunsten der Altersbestimmung erscheint als Einsatzmittel angemessen (111). Eine sichere Evidenz, dass das juristische Alter von Heranwachsenden bereits abgeschlossen ist, verspricht die zusätzliche Röntgen- bzw. CT-Untersuchung des Schlüsselbeins (45).

### 2.3.4 Röntgenologischer Aspekt

Röntgenstrahlen sind elektromagnetische Wellen (114). Sie können durch Materie gestreut und absorbiert werden oder diese teilweise ohne Wechselwirkung durchdringen (115). Da Röntgenstrahlung eine sehr hohe Energie aufweist, kann sie Materie ionisieren und anregen (114). Dies kann gesundheitsgefährdende Wechselwirkungen in biologischen Organismen verursachen (116). Es wird zwischen einer direkten und indirekten Auswirkung der Strahlung auf die Desoxyribonukleinsäure (DNS) unterschieden (115). Die indirekte findet häufiger statt und wirkt über Radikalbildung von Wasser durch die Radiolyse am Zellkern.

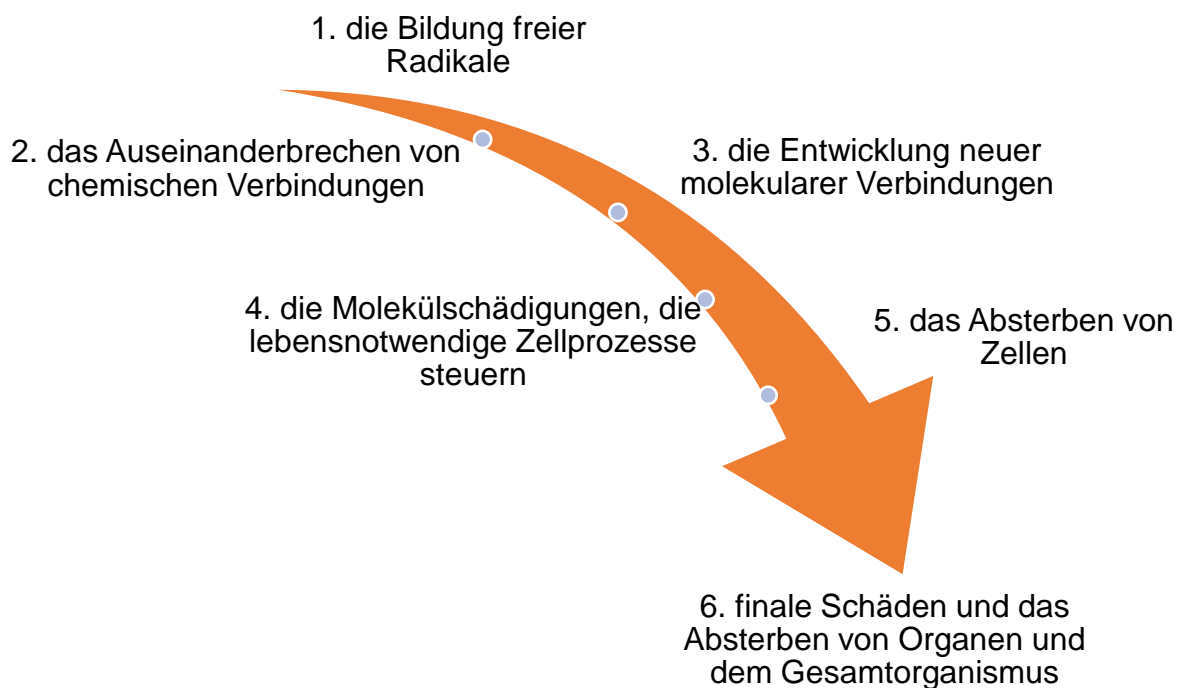


Abbildung 5: Reihenfolge der Schädigungen am biologischen Organismus durch ionisierende Röntgenstrahlung (Eigene Darstellung in Anlehnung an Schulze R. (115)).

Die in Abbildung 5 ersichtlichen Schädigungen sind abhängig von der Dosis. Die biologisch gewichtete Strahlendosis wird in Sievert (Sv) gemessen und gibt Auskunft über die Strahlenbelastung biologischer Organismen (117). Mit zunehmender Dosis (Strahlenexposition) steigt das strahleninduzierte Gesundheitsrisiko (116). Anfangs entstehen freie Radikale durch Energieübertragung im Gewebe, die zunehmend

Einfluss auf das Aufbrechen von DNA-Strängen haben (118). Diese molekularen, biochemischen und physiologischen Modifikationen können den Zelltod verursachen (118).

Im medizinischen Bereich unterstützen zusätzliche Untersuchungsmethoden auf Basis von Röntgenstrahlen die Diagnostik (115). Die Strahlenexposition durch medizinische Untersuchungen soll soweit reduziert werden, wie es medizinisch notwendig und vereinbar ist (119).

*Tabelle 6: Effektive Strahlendosen durch medizinische Röntgenuntersuchungen sowie natürlicher Exposition (eigene Darstellung in Anlehnung an Schmeling A. (120)).*

<i>Strahlenexposition</i>	<i>Effektive Dosis (mSV)</i>
<i>Handradiogramm</i>	0,001
<i>CT Schlüsselbeine</i>	0,4
<i>OPG</i>	0,026
<i>Natürliche jährliche Strahlenexposition</i>	2,1
<i>Langstreckenflug München – Tokio – München</i>	0,2

Wie anhand Tabelle 6 beschrieben ist die Strahlenbelastung durch medizinische Röntgenuntersuchungen bis auf die Untersuchung des Schlüsselbeins als gering einzuschätzen (121). Daher kann keine bedeutende Gesundheitsgefährdung erlassen werden (122). Dennoch sollten Röntgenstrahlen in medizinischen Untersuchungen nicht leichtsinnig verwendet werden, da bereits ein erhöhtes gesundheitliches Risiko durch natürliche Strahlenbelastung besteht und die Anwendung im medizinischen Bereich eine zusätzliche Belastung für den menschlichen Organismus darstellt (31).

Bei Betrachtung des linearen schwellenwertlosen Bereiches zwischen Röntgenstrahlenexposition und -risiko errechnet sich das Risiko an einem Tumor zu erkranken und zu versterben bei einer 20-jährigen Person durch eine Computertomographie an den Schlüsselbeinen auf maximal 0,0034 % (122). Dieser Wert liegt unter dem Risiko von 0,0044 % im Jahr 2015 im deutschen Straßenverkehr zu sterben (4,4 Todesfälle durch Verkehrsunfälle pro 100 000 Einwohner) (123). Dennoch gibt es nach dem Linear-No-Threshold-Modell („Linear ohne Schwellenwert-

Modell“) für die Dosis-Wirkungs-Beziehung strahleninduzierte Tumorentstehung ohne Existenz eines Schwellenwertes (115).

Die Anwendung von röntgenologischen Untersuchungen ist in der Medizin, der Zahnmedizin und in Spezialfällen zur Kriminalitätsbekämpfung erlaubt und kann durch richterliche Anordnung ohne das Einverständnis der straffälligen Person durchgeführt werden (42). Gesetzliche Ermächtigungsgrundlagen zur Anwendung von radiologischen Verfahren zur forensischen Altersbestimmung ohne medizinische rechtfertigende Indikation sind:

- im Strafverfahren: § 81a StPO
- im Familienrecht §§ 371, 372 ZPO (Inaugenscheinnahme), §§ 402 ff. ZPO (Einholung von Sachverständigengutachten) i.V.m. §§ 26, 29, 30 FamFG
- im Aufenthaltsrecht: § 49 AufenthG Absatz 6 AufenthG
- im Sozialgesetz: § 62 SGB I (Sozialleistungen)

zu finden oder mit dem Einverständnis der zu begutachtenden Person erlaubt (121).

Zunehmend liegt der Fokus der Forschung auf röntgenstrahlenfreier Bildgebung zur Altersdiagnostik. Es liegen vermehrt Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Ossifikationsentwicklung des Skeletts auf Grundlage der Magnetresonanz und Sonographie vor (124).

2008 befassten sich Schulz et al. (125) als Pioniere mit dem Werkzeug der Sonographie, einer non-invasiven Bildgebung zur forensischen Altersschätzung. In diesem Zuge wurden vier Stadien zur Beurteilung der Knochenoberfläche durch Ultraschall entwickelt, die abermals nach Geschlecht untergliedert sind. Die Einteilung umfasst die Entwicklung des Knochens von Stadium 1, bei dem der Knochenkern noch nicht ossifiziert ist, bis hin zu Stadium 4, das durch eine komplette Fusion des Knochenkerns mit der Metaphyse charakterisiert wird.

In einer weiteren Studie konnte Schulz et al. durch eine kombinierte Ultraschalluntersuchung der medialen Claviculaepiphyse, des distalen Radius, der Beckenkammepiphyse, des Trochanter major femoris und der distalen Fibula die Bestätigung der Beendigung der juristisch relevanten Altersgrenzen von 14, 16 und 18 Jahren ermöglichen (126). Die hierbei ermittelten Referenzwerte der deutschen examinierten Personen können auch auf andere Völker angewendet werden (126).

Eine weitere strahlenfreie Bildgebung bietet die Magnetresonanztomographie (MRT). Sie bietet eine gute Alternative als nicht-invasive Methode zur Examination der Epiphysenfusion, deren Stadien gut identifizierbar sind, an (127). Sie kann ebenfalls zur Beschreibung von acht Entwicklungsstadien der dritten Molaren angewendet werden (128). Die Altersschätzung der dritten Molaren anhand der MRT ist vergleichbar effektiv wie die Methoden, die ihre Anwendung an Röntgenbildern rechtfertigen (129, 130). Die strahlenfreie Alternative liefert bei der Anwendung der Greulich-Pyle (GP)-Atlas-Methode an der linken Hand gute Ergebnisse, die für den klinischen Gebrauch ausreichend sind (131). In der forensischen Altersschätzung sollte die GP-Atlas-Methode anhand einer MRT nicht als alleiniges Mittel der Altersdiagnostik eingesetzt werden, da für diesen Bereich eine präzisere Intervalleinstufung benötigt wird (131).

Die multifaktorielle Altersschätzung (MRT Daten der Weisheitszähne, der linken Hand und der Schlüsselbeine) übertrifft in ihrer Genauigkeit die der einfaktoriellen (132).

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Datenerhebung**

Aus der bestehenden Datenbank der Universitätsmedizin Mainz: Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten wurden randomisiert 385 Orthopantomogramme (OPGs), eine zweidimensionale Röntgenaufnahme des Ober- und Unterkiefers, von jungen Erwachsenen aus dem Zeitraum vom 01.01.2015 bis 31.03.2020 ausgewählt. Alle Aufnahmen sind gemäß der BEMA, ein einheitlicher Bewertungsmaßstab für zahnärztliche Leistungen, gemäß § 87 Abs. 2 und 2h SGB V, der Abrechnungsnummer Ä935d zugeteilt. Die Daten wurden mithilfe des Programms Datenfuchs von einer unabhängigen dritten Person (Zahnmediziner), die nicht an der Auswertung der Studie beteiligt ist, erhoben.

In der Poliklinik Mainz wird digital geröntgt. Im Gegensatz zum analogen Röntgen können bei der Betrachtung der digitalen OPGs für die Studie sämtliche Einstellungen, wie z. B. die Helligkeit und der Kontrast mit Hilfe des Programmes SIDEXIS® verändert werden. Zusätzlich sind die Aufnahmen schärfer und können vergrößert werden, um ausschlaggebende Details besser erkennen zu können

### 3.2 Patienten

Für die Studie wurden Röntgenaufnahmen von jungen männlichen Erwachsenen ausgewählt, die sich noch im Wachstum befanden. Die Geburtsdaten der Patienten lagen in einem Intervall vom 01.01.1997 und dem 01.01.2006. Die Patienten waren zu diesem Zeitpunkt in zahnärztlicher, zahnchirurgischer und/ oder in kieferorthopädischer Behandlung in der Zahnklinik Mainz und wurden mit der entsprechenden rechtlichen Indikation aus dem jeweiligen Fachbereich geröntgt.

Als weiteres Einschlusskriterium galt, dass mindestens ein Weisheitszahn auf den OPGs vorhanden sein musste. Ausgeschlossen wurden weibliche Patientinnen und Patienten mit syndromalen Vorerkrankungen und/ oder Tumorerkrankte.

Insgesamt wurden 1 267 Weisheitszähne examiniert.

*Tabelle 7: Altersverteilung des Patientenkollektivs (Eigene Darstellung)*

<i>Alter in Jahren</i>	<i>Anzahl</i>
11	11
12	17
13	61
14	66
15	62
16	51
17	47
18	26
19	13
20	8
21	3
22	1
<i>Gesamtsumme</i>	<i>385</i>

Die selektierten Patienten waren zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme zwischen 11 und 22 Jahre alt. Diese Limitierung ergab sich aus der Orientierung an den

Altersspannen im Jugendstrafverfahren nach dem Jugendgerichtsgesetz (JGG). Eingeteilt werden diese in drei Blöcke: Die Strafunmündigkeit für Kinder unter 14 Jahren gemäß § 19 Strafgesetzbuch (StGB), das Strafmaß für Jugendliche (14- bis 17-Jährige) und für Heranwachsende (18- bis 20-Jährige). Bei der Auswahl der Patienten wurde keine ethnische Herkunft berücksichtigt.

Für die vorliegende Studie wurden ausschließlich Daten von männlichen Patienten ausgewertet. Dieses Kollektiv repräsentiert die dominante Gruppe im Straf- (110) und Asylverfahren (29) in den Altersklassen der Kinder, Jugendlichen und Heranwachsenden (vgl. Tabelle 7). Die Eingrenzung des Fokus auf männliche Probanden dient der Aussagekraft der Ergebnisse.

### 3.3 Examinanden

Zwei Raterinnen betrachteten die Röntgenbilder zur Altersbestimmung. Sie unterscheiden sich in ihrer beruflichen Qualifikation.

Raterin 1 ist eine forensische Odontologin. Diese Kompetenz kann zum Beispiel durch Fortbildungen in der forensischen Odontologie erlangt werden und erlaubt unter anderem die Anfertigung und Ausstellung von Gutachten im Verfahren der Altersbestimmung. Sie verfügt über 9 Jahre zahnärztliche Berufserfahrung und 6 Jahre Berufserfahrung im Tätigkeitsschwerpunkt der Forensischen Altersbestimmung.

Raterin 2 war zum Zeitpunkt der Auswertung im letzten klinischen Semester des Zahnmedizinstudiums. In dieser Studie wird diese als Laiin bezeichnet, da diese Person bereits über Kenntnisse in der Zahnheilkunde verfügt, aber noch keine im Bereich der zahnmedizinischen Forensik. Geschult wurde die Laiin durch eine Aufklärung über die Demirjian-Methode (17) zur Beschreibung eines Kalzifikations- und Mineralisationsstadiums und der für diese Studie interessanten Tabelle (vgl. Tabelle 9) von Olze et al. (133) zur Berechnung des Alters anhand der evaluierten Stadien. Zusätzlich bekam die Laiin fünf Schulungsbilder in Form von OPGs zur Übung, um die jeweiligen Weisheitszähne der Mineralisationsstadien zuzuteilen. Diese wurden nach der Betrachtung und Beurteilung durch die Laiin von der zahnmedizinischen Forensikerin kontrolliert und bestätigt. Des Weiteren geschah ein Selbststudium mit Hilfe von Literatur aus den AGFAD- Richtlinien.

Die Röntgenbilder wurden von beiden Raterinnen im selben Raum, am selben Computer und Betrachtungsmonitor ausgewertet. Die Betrachtung geschah im Zeitraum von drei Monaten (01.01.2020-31.03.2020) und unterschiedlichen Tagen, aber zu analogen Zeiten (13:00-18:00 Uhr). Die räumliche Umgebung folgte den Richtlinien von Dagassan und Lübbers (134).

### 3.4 Erfassung der Zahnmineralisation

Die Einschätzung des Kalzifikationsstands der dritten Molaren zur Altersbestimmung orientiert sich in dieser Studie an der Demirjian-Methode (17). Demirjians Stadieneinteilung der zu untersuchenden Zähne wird röntgenologisch anhand von OPGs erfasst. In der vorliegenden Darlegung wurde der dritte Molar jedes Quadranten auf seinen Mineralisations- und Entwicklungsstand untersucht und einzeln beurteilt.

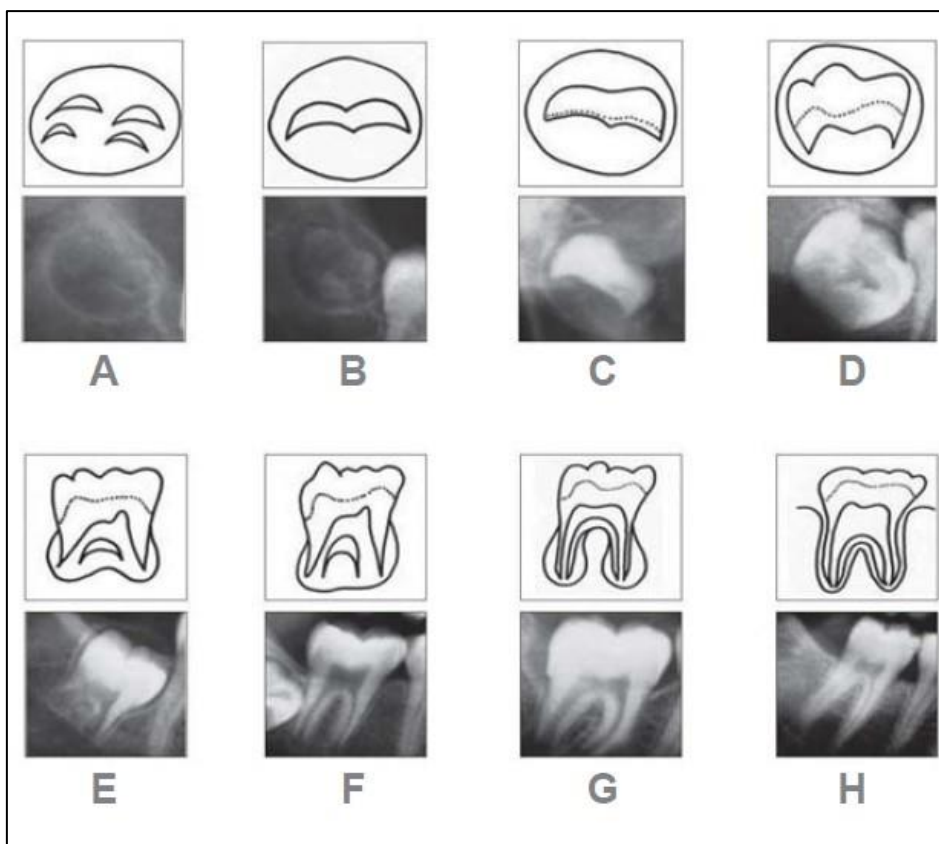


Abbildung 6: Darstellung der Mineralisationseinteilung der dritten Molaren durch Schmeling et al. (1)

Demirjian differenziert in acht zahnbezogene Stadien, die von „A“ bis „H“ nummeriert sind, wobei „A“ den niedrigsten Kalzifikationspunkt und „H“ das Ende der Zahnentwicklung mit einem vollständigen Apexschluss beschreibt (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Beschreibung der Mineralisationsstadieneinteilung der Molaren nach Demirjian (17)

<i>Stadium</i>	<i>Mineralisationsbeschreibung</i>
<i>A</i>	Beginn der Mineralisation der einzelnen Höckerspitzen, jedoch noch keine Verschmelzung.
<i>B</i>	Verschmelzung der Höckerspitzen ergibt eine gleichmäßige okklusale Schmelzoberfläche.
<i>C</i>	Die okklusale Schmelzoberfläche ist durchgehend ausgebildet. Eine Extension und Konvergenz in zervikaler Richtung und ein beginnendes Dentindepot sind sichtbar. Der Umriss der Pulpenkammer ist okkusal gekrümmt.
<i>D</i>	Die Krone ist bis zur Schmelzzementgrenze ausgebildet. Die Pulpenkammer ist trapezförmig. Der Beginn des Wurzelwachstums zeigt sich in Form eines nadelartigen Fortsatzes.
<i>E</i>	Die initiale Formation der Wurzelbifurkation ist charakterisiert durch einen kalzifizierten Punkt oder eine halbmondförmige Schmelzinsel. Die Wurzellänge ist geringer als die Kronenhöhe.
<i>F</i>	Der Apex ist trichterförmig geöffnet. Die Wurzellänge entspricht mindestens der Kronenhöhe.
<i>G</i>	Die Wurzelwände verlaufen parallel. Das apikale Ende ist noch offen.
<i>H</i>	Der Apex ist komplett verschlossen. Der Parodontalspalt hat eine gleichmäßige Breite um die Wurzel und den Apex.

Die Auswertung zur Annäherung an das chronologische Alter des Patienten erfolgt über eine von Olze et al.(133) überarbeitete Tabelle (vgl. Tabelle 9), die den zahn- und geschlechtsbezogenen Mittelwert des geschätzten Alters und die dazugehörige Standardabweichung anzeigt.

Tabelle 9: Das berechnete Alter anhand der Stadieneinteilung der dritten Molaren für männliche Patienten (1. Zeile: Mittelwerte des geschätzten Alters, 2. Zeile Standardabweichung in Jahren) nach Olze et al. (133)

Zahn	18	28	38	48
Stadium				
A	-	-	-	-
	-	-	-	-
B	14,4	15,5	13,3	-
	2,7	3,3	2,1	-
C	13,6	14,5	14,6	14,5
	0,7	1,9	1,7	1,5
D	16,5	16,3	16,3	16,7
	3,1	3,2	3,1	3,1
E	16,7	16,6	16,7	16,7
	2,6	2,3	2,3	2,1
F	17,8	17,7	18,3	18,2
	2,0	2,0	2,2	2,1
G	20,6	20,6	21,3	21,3
	2,4	2,4	2,0	2,1
H	22,5	22,6	22,7	22,7
	1,9	1,9	1,9	1,9

### 3.5 Vorgehen

Für die Erfassung der Daten zur Altersbestimmung wurden die persönlichen Daten der Patienten in Form von Namen und Alter anonymisiert und auf einem separaten Computer doppelt verschlüsselt. Die klinische Studie wurde retrospektiv und blind durchgeführt.

Zwei Raterinnen, eine odontologische Forensikerin (Raterin 1) und eine Zahnmedizinstudentin (Raterin 2), schauten sich unabhängig und ohne Rücksprache zueinander die OPGs auf einem Betrachtungsmonitor innerhalb von drei Monaten an. Die vorhandenen dritten Molaren auf den OPGs wurden einzeln betrachtet und evaluiert. Dabei wurde auf Basis der Tabelle nach Olze et al.(133) der Mittelwert des Alters der Patienten anhand der jeweiligen Röntgenaufnahme berechnet.

Zunächst wurden die Anlagen der vier Weisheitszähne durch die Raterinnen überprüft und dokumentiert. Falls die Weisheitszähne 18, 28, 38 und/ oder 48 angelegt waren, wurden sie anschließend anhand ihres Mineralisationsstadiums nach der Klassifikation von Demirjian (17) zugeordnet und mithilfe der Tabelle von Olze et al. (133) in die zugehörigen Werte mit Standardabweichung zur Altersbestimmung gemäß den Standards der AGFAD eingeteilt. Die den einzelnen Zähnen jeweils zugeteilten Mittelwerte wurden in einer Excel Tabelle erfasst und anschließend gemittelt, um so das geschätzte Alter des Patienten zu erhalten. Zusätzlich zum Mittelwert wurde das niedrigste und das höchstwahrscheinlichste Alter aus den Daten von Olze et al. (133) berechnet. Die so ermittelten Daten wurden anschließend mit dem chronologischen Alter des Patienten verglichen.

Aus der Studie ausgeschlossen wurden Aufnahmen, deren Bildqualität mangelhaft waren und OPGs von Patienten, denen alle vier dritten Molaren fehlten.

### **3.6 Statistische Analyse**

Die in der Excel Datei ermittelten Werte wurden mithilfe des Programms IBM SPSS Statistics Version 27 für Windows statistisch analysiert. In diesem Zuge wurde die Zuteilung der ermittelten Stadien der Weisheitszähne von der odontologischen Forensikerin mit der Zuteilung der Laien mithilfe von Cohens Kappa auf eine Übereinstimmung untersucht. Die Übereinstimmung des errechneten Alters der Raterinnen mit dem chronologischen Alter wurde anhand der Intraklassenkorrelation bestimmt.

## 4 Ergebnisse

Tabelle 10: Stichprobenbeschreibung

Variable	Gültige N	fehlend	M	SD
Chronologisches Alter	385	0	15,45	2,17
Alter durch Forensikerin	385	0	16,85	1,87
Alter durch Laiin	385	0	17,33	1,99
Zahn 18	307	78	16,79	1,78
Zahn 28	316	69	16,75	1,50
Zahn 38	333	52	16,71	2,16
Zahn 48	311	74	17,05	2,14

### 4.1 Hypothese: Ein:e Forensiker:in liegt mit ihrer/ seiner Schätzung näher am chronologische Alter als ein:e geschulte:r Laie:in

Für die Berechnung der Übereinstimmung des geschätzten Alters durch die Forensikerin und die Laiin mit dem chronologischen Alter wurde die Intraklassenkorrelation bestimmt. Sie gibt Auskunft über die Interrater-Reliabilität zwischen mehreren Rater:innen bezüglich mehrerer Beobachtungen. Das zugehörige berechnete Maß ist der Intraklassenkorrelationskoeffizient. In dieser Studie wurde jeder Fall von beiden Raterinnen eingeschätzt. Die Auswertung erfolgte über Einzelwerte und Mittelwerte in Form der absoluten Übereinstimmung gemäß des unjustierten Modells (Bezug der Strenge der Mittelwertsunterschiede zwischen den Rater:innen), einer strengeren Prüfung auf Fehlervarianz.

Insgesamt wurden von beiden Raterinnen 385 Fälle beurteilt. Von den 385 Probanden wurden bei 209 alle vier Weisheitszähne untersucht. Bei 167 Probanden fehlte mindestens ein Weisheitszahn oder der Mineralisationszustand des Zahnes konnte nicht erfasst werden.

Die Mittelwerte mit Standardabweichungen für die Forensikerin, die Laiin und dem chronologischen Alter sind in Tabelle 10 abgebildet. In Summe liegen die Mittelwerte der Raterinnen höher als der Mittelwert des tatsächlichen Alters. Der berechnete Mittelwert der Forensikerin liegt mit einer Differenz von 1,4 Jahren näher an dem tatsächlichen Alter als der der Laiin mit 1,88 Jahren. In beiden Fällen ist eine Überschätzung des Alters feststellbar.

#### 4.1.1 Die Übereinstimmung zwischen der Forensikerin und dem chronologischen Alter

Im Rahmen der Ermittlung der *ICC* kann *Cronbachs Alpha* ermittelt werden. Es gibt Auskunft über eine Konsistenz und damit einhergehend einer Tendenz der Daten an.

Der Wert von *Cronbachs Alpha* liegt bei  $\alpha = 0,82$  und zeigt eine hohe Konsistenz der Gesamtheit an. Dieser wird aus den Ergebnissen der Forensikerin und dem chronologischen Alter berechnet. Der Mittelwert des verglichenen Alters liegt bei  $M = 16,15$  Jahren ( $SD = 0,99$ ).

Die *ICC* ( $r$ ) zwischen dem berechneten Alter durch die Forensikerin und dem chronologischen Alter liegt im einzelnen Maße bei  $r = 0,56$  ( $p = 0,00$ ) und durchschnittlich bei  $r = 0,72$  ( $p = 0,00$ ) (vgl. Tabelle 11). Dieser Wert entspricht jeweils einer moderaten Übereinstimmung.

Tabelle 11: *ICC* ( $r$ ) des errechneten Alters durch die Forensikerin und dem chronologischen Alter

ICC in Klassen	$r$	95% Konfidenzintervall		$F$	$df1$	$df2$	$p$
		Untergrenze	Obergrenze				
Einzelne Maße	0,56	0,11	0,76	5,53	384	384	0,00
Durchschnittliche Maße	0,72	0,20	0,87	5,53	384	384	0,00

In Abbildung 7 ist eine erhöhte Differenz des Alters in Jahren mit zunehmender Anzahl an Weisheitszähnen zu beobachten. Des Weiteren ist ein erhöhtes Streumaß mit zunehmender Anzahl der Weisheitszähne zu beobachten.

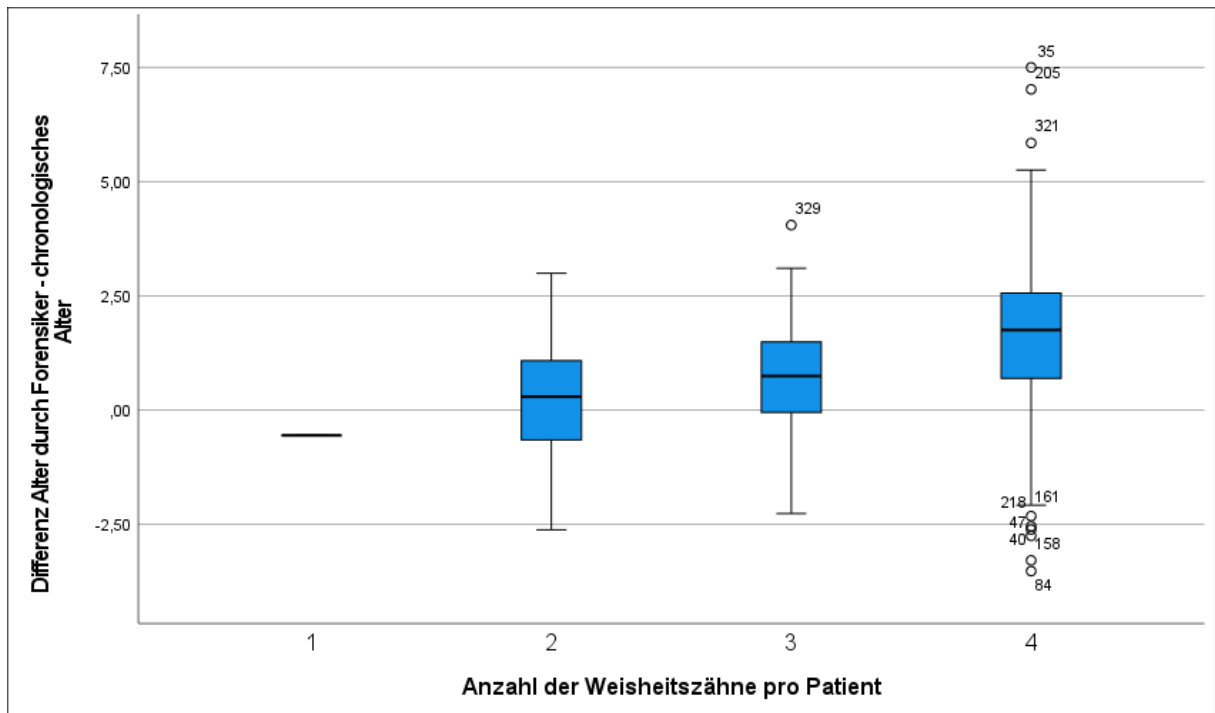


Abbildung 7: Differenz des berechneten Alters durch die Forensikerin subtrahiert von dem chronologischen Alter, gruppiert nach Anzahl der Weisheitszähne

#### 4.1.2 Die Übereinstimmung zwischen der Laiin und dem chronologischen Alter

*Cronbachs Alpha* liegt bei  $\alpha = 0,81$  und zeigt eine hohe Konsistenz zwischen den berechneten Werten der Laiin und dem chronologischen Alter. Der Mittelwert des verglichenen Alters liegt bei  $M = 16,39$  Jahren ( $SD = 1,33$ ).

Tabelle 12: ICC des errechneten Alters durch die Laiin und dem chronologischen Alter

ICC in Klassen	$r$	95% Konfidenzintervall		$F$	$df1$	$df2$	$p$
		Untergrenze	Obergrenze				
Einzelne Maße	0,49	-0,040	0,74	5,40	384	384	0,00
Durchschnittliche Maße	0,66	-0,08	0,85	5,40	384	384	0,00

Die ICC beträgt im einzelnen Maße  $r = 0,49$  ( $p = 0,00$ ) und durchschnittlich  $r = 0,66$  ( $p = 0,00$ ). Dies entspricht im einzelnen Maße einer schwachen Übereinstimmung und im durchschnittlichen einer moderaten Kongruenz der Werte. Einhergehend ist ein breiteres Konfidenzintervall in Tabelle 12 zu beobachten.

Anhand von Abbildung 8 ist eine erhöhte Differenz des Alters berechnet durch die Laiin subtrahiert von dem chronologischen Alter in Jahren mit zunehmender Anzahl der Weisheitszähne zu beobachten. Ein erhöhtes Streumaß mit zunehmender Anzahl der Weisheitszähne kann verzeichnet werden.

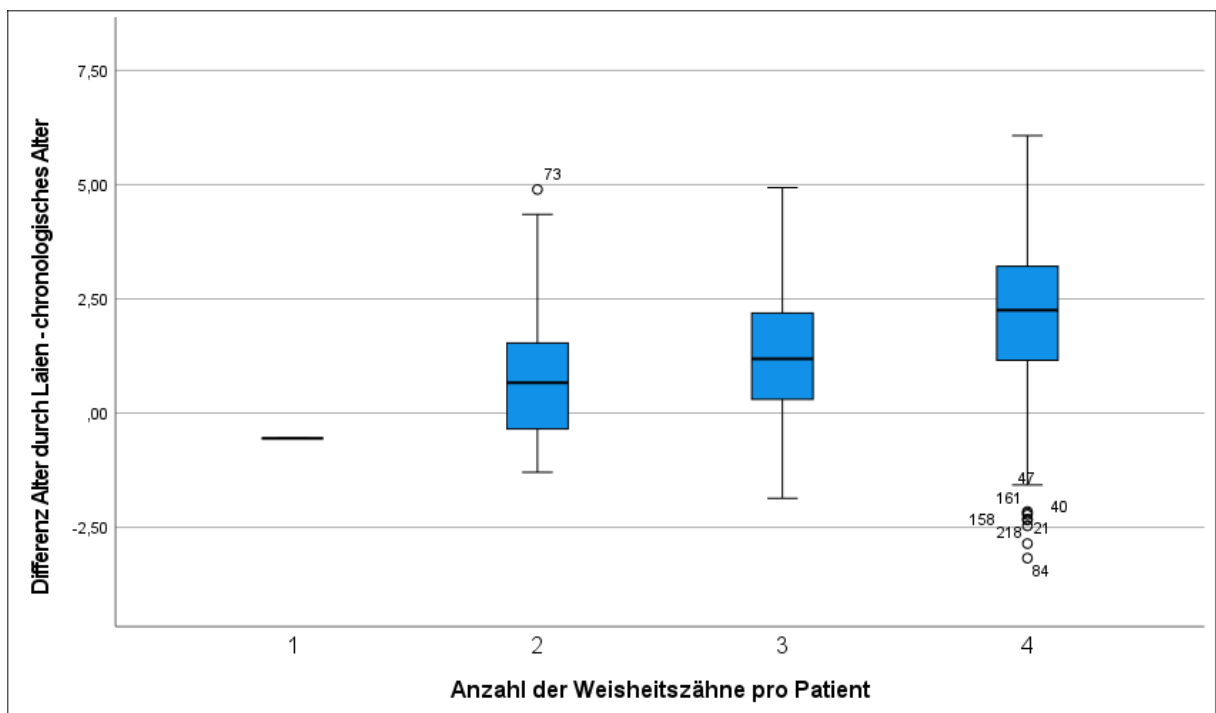


Abbildung 8: Differenz des Alters durch die Laiin subtrahiert von dem chronologischen Alter, gruppiert nach Anzahl der Weisheitszähne

### 4.1.3 Übereinstimmung der Stadien nach Demirjian beurteilt durch zwei Raterinnen

#### Beurteilung der Mineralisationsstadien für Zahn 18

Für den Weisheitszahn 18 gilt  $N = 352$ . Bei 33 Patienten fehlte Zahn 18.

Tabelle 13: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 18 in Anzahl (%)

		Laiin						n. b.	Gesamt
		C	D	E	F	G	H		
Forensikerin	B	6 (1,7)	1 (0,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	7 (2,0)
	C	12 (3,4)	21 (6,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	33 (9,4)
	D	3 (0,9)	57 (16,2)	39 (11,1)	1 (0,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	100 (28,4)
	E	0 (0,0)	6 (1,7)	64 (18,2)	11 (3,1)	1 (0,3)	0 (0,0)	2 (0,6)	84 (23,9)
	F	0 (0,0)	0 (0,0)	5 (1,4)	40 (11,4)	7 (2,0)	0 (0,0)	6 (1,7)	58 (16,5)
	G	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	5 (1,4)	11 (3,1)	5 (1,4)	1 (0,3)	22 (6,3)
	H	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,9)	0 (0,0)	3 (0,9)
	n. b.	2 (0,6)	10 (2,8)	5 (1,4)	5 (1,4)	5 (1,4)	10 (2,8)	8 (2,3)	45 (12,8)
	Ge-	23 (6,5)	95 (27)	113 (32,1)	62 (17,6)	24 (6,8)	18 (5,1)	17 (4,8)	352 (100)
	samt								

Die höchste Übereinstimmung der Raterinnen ist bei Stadium E mit 18,2 %, gefolgt von Stadium D mit 16,2 % beobachtbar. Für beide Raterinnen waren 2,3 % des Zahnes 18 nicht eindeutig zuordenbar.

*Cohens Kappa* ( $\kappa$ ) liegt für Zahn 18 bei  $\kappa = 0,44$  bei einem  $p$ -Wert = 0,0 und 352 gültigen Fällen und somit bei einer moderaten Übereinstimmung der Raterinnen.

## Beurteilung der Mineralisationsstadien für Zahn 28

Für den Weisheitszahn 28 gilt  $N = 355$ . Bei 30 Patienten fehlte Zahn 28.

Tabelle 14: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 28 in Anzahl (%)

		Laiin								Ge-
		B	C	D	E	F	G	H	n. b.	samt
Foren- sikerin	B	0 (0,0)	8 (2,3)	1 (0,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	9 (2,5)
	C	1 (0,3)	12 (3,4)	28 (7,9)	1 (0,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	42 (11,8)
	D	0 (0,0)	0 (0,0)	53 (14,9)	41 (11,5)	1 (0,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,3)	96 (27,0)
	E	0 (0,0)	0 (0,0)	5 (1,4)	57 (16,1)	17 (4,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,8)	82 (23,1)
	F	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,3)	46 (13,0)	10 (2,8)	0 (0,0)	4 (1,1)	61 (17,2)
	G	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,8)	10 (2,8)	8 (2,3)	4 (1,1)	25 (7,0)
	H	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,3)	0 (0,0)	1 (0,3)
	n. b.	0 (0,0)	1 (0,3)	6 (1,7)	4 (1,1)	3 (0,8)	3 (0,8)	13 (3,7)	9 (2,5)	39 (11,0)
	Ge- samt	1 (0,3)	21 (5,9)	93 (26,2)	104 (29,3)	70 (19,7)	23 (6,5)	22 (6,2)	21 (5,9)	355 (100,0)

Bei dem Weisheitszahn 28 ergab sich bei Stadium E mit 16,1 % die höchste Übereinkunft der Raterinnen. Gefolgt von Stadium D mit 14,9 % und Stadium F mit 13 %. 2,5 % der linken Weisheitszähne im Oberkiefer konnten von beiden Raterinnen nicht beurteilt werden.

*Cohens Kappa* liegt bei Zahn 28  $\kappa = 0,42$  mit einem  $p$ -Wert = 0,00 bei 355 gültigen Fällen. Dies entspricht einer moderaten Übereinstimmung der Raterinnen.

**Beurteilung der Mineralisationsstadien für Zahn 38**

Für den Weisheitszahn 38 gilt  $N = 358$ . Bei 27 Patienten fehlte Zahn 38.

Tabelle 15: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 38 in Anzahl (%)

		Lain								Ge- samt
		B	C	D	E	F	G	H	n. b.	
Foren- sikerin	A	5 (1,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	5 (1,4)
	B	5 (1,4)	12 (3,4)	5 (1,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	22 (6,1)
	C	0 (0,0)	14 (3,9)	57 (15,9)	3 (0,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	74 (20,7)
	D	0 (0,0)	0 (0,0)	41 (11,5)	9 (2,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	50 (14,0)
	E	0 (0,0)	0 (0,0)	8 (2,2)	75 (20,9)	15 (4,2)	2 (0,6)	0 (0,0)	0 (0,0)	100 (27,9)
	F	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	8 (2,2)	27 (7,5)	13 (3,6)	1 (0,3)	1 (0,3)	50 (14,0)
	G	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	18 (5,0)	15 (4,2)	1 (0,3)	34 (9,5)
	H	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,3)	2 (0,6)	0 (0,0)	3 (0,8)
	n. b.	1 (0,3)	4 (1,1)	9 (2,5)	1 (0,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	4 (1,1)	19 (5,3)
	Ge- samt	11 (3,1)	30 (8,4)	120 (33,5)	96 (26,8)	42 (11,7)	34 (9,5)	18 (5,0)	6 (1,7)	358 (100)

Die Übereinstimmung des Stadium E zugeordnet durch die Raterinnen liegt bei 20,9 %, gefolgt von Stadium D mit 11, 5% und Stadium F mit 7,5 %. Bei 1,1 % konnten beide Raterinnen dem Zahn kein Stadium zuteilen.

*Cohens Kappa* liegt bei Zahn 38 bei  $\kappa = 0,43$  ( $p = 0,00$ ) bei 358 gültigen Fällen und befindet sich im moderaten Bereich.

### Beurteilung der Mineralisationsstadien für Zahn 48

Für den Weisheitszahn 48 gilt  $N = 357$ . Bei 28 Patienten fehlte Zahn 48.

Tabelle 16: Beurteilung des Mineralisationsstadiums 48 in Anzahl (%)

		Laiin							n. b.	Ge- samt
		B	C	D	E	F	G	H		
Foren- sikerin	A	5 (1,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	5 (1,4)
	B	7 (2,0)	13 (3,6)	3 (0,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,3)	24 (6,7)
	C	0 (0,0)	13 (3,6)	60 (16,8)	5 (1,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	78 (21,8)
	D	0 (0,0)	0 (0,0)	36 (10,1)	6 (1,7)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	42 (11,8)
	E	0 (0,0)	0 (0,0)	6 (1,7)	77 (21,6)	10 (2,8)	1 (0,3)	0 (0,0)	1 (0,3)	95 (26,6)
	F	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,8)	39 (10,9)	12 (3,4)	0 (0,0)	1 (0,3)	55 (15,4)
	G	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	24 (6,7)	11 (3,1)	0 (0,0)	35 (9,8)
	H	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,3)	5 (1,4)	0 (0,0)	6 (1,7)
	n. b.	3 (0,8)	4 (1,1)	9 (2,5)	1 (0,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	17 (4,8)
Ge- samt	15 (4,2)	30 (8,4)	114 (31,9)	92 (25,8)	49 (13,7)	38 (10,6)	16 (4,5)	3 (0,8)	357 (100,0)	

Die Übereinkunft liegt am höchsten im Stadium E mit 21,6 %. Stadium F mit 10,9 % und D mit 10,1 % weisen eine deutlich niedrigere Übereinstimmung auf. Kein Zahn 48 (0 %) wurde als nicht beurteilbar durch beide Raterinnen klassifiziert.

Der Wert für *Cohens Kappa* liegt bei Zahn 48 bei  $\kappa = 0,48$  ( $p = 0,00$ ) und 357 gültigen Fällen. Dies wird als moderate Übereinstimmung gewertet.

---

Zusammenfassend gab es bei der Einteilung in Stadium E die höchste Übereinkunft der Raterinnen (Zahn 18 mit 18,2 %, Zahn 28 mit 16,1 %, Zahn 38 mit 20,9 % und Zahn 48 mit 21,6 %).

*Cohens Kappa* zeigt für alle Weisheitszähne eine moderate Übereinkunft, wobei die Übereinstimmung bei Zahn 48 im Vergleich mit  $\kappa = 0,48$  am höchsten liegt. Für alle vier Weisheitszähne wurde eine Übereinstimmung bewiesen, die statistisch signifikant ist.

#### 4.1.4 Intraklassenkorrelation zwischen dem berechneten Alter durch die Forensikerin und der Laiin

*Cronbachs Alpha* ( $\alpha$ ) gilt als Maß der Konsistenz und liegt mit  $\alpha = 0,92$  in einem sehr hohen Bereich. Die Mittelwerte und deren Standardabweichungen sind in Tabelle 17 abgebildet. Die Differenz der Mittelwerte liegt bei 0,54 Jahren.

Tabelle 17: Itemstatistik für das Alter durch die Forensikerin und der Laiin

Variable	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
Alter durch Forensikerin	16,85	1,87	385
Alter durch geschulte Laiin	17,33	1,99	385

Die Intraklassenkorrelation liegt bei  $r = 0,82$  ( $p = 0,00$ ) und somit in einem guten Bereich. Im durchschnittlichen Maße ist die Übereinstimmung oft höher als im einzelnen Maße und gibt Auskunft über die Konsistenz und somit der Tendenz der Werte. Diese liegt mit dem Wert  $r = 0,90$  ( $p = 0,00$ ) in einem sehr hohen Bereich (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Korrelationskoeffizient in Klassen für das Alter durch die Forensikerin und der Laiin

ICC in Klassen	<i>r</i>	<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>p</i>
Einzelne Maße	0,82	12,25	384	384	0,00
Durchschnittliche Maße	0,90	12,25	384	384	0,00

Eine große Übereinstimmung des Alters berechnet durch die Forensikerin und durch die Laiin ist zu beobachten. *Cronbachs Alpha* bewegt sich in einem sehr hohen Rahmen ( $\alpha = 0,92$ ) zwischen den Raterinnen. Die Übereinstimmung zwischen dem berechneten Alter durch die Forensikerin und dem chronologischen Alter ( $\alpha = 0,82$ ) und dem der Laiin und dem chronologischen Alter ( $\alpha = 0,81$ ) ist als gut zu werten (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Item-Skala-Statistik für das Alter durch die Forensikerin und der Laiin

Variable	Cronbachs Alpha
Alter durch Forensikerin	0,815
Alter durch geschulte Laiin	0,819
Das chronologische Alter	0,918

#### 4.1.5 Intraklassenkorrelation zwischen dem berechneten Alter durch die Forensikerin, der Laiin und dem chronologischen Alter

Cronbachs Alpha liegt mit  $\alpha = 0,89$  im guten bis sehr hohen Bereich.

Die Intraklassenkorrelation liegt im einzelnen Maße bei  $r = 0,6$  ( $p = 0,00$ ) und im durchschnittlichen Maße bei  $r = 0,82$  ( $p = 0,00$ ) (vgl. Tabelle 20). Der Wert  $r = 0,6$  entspricht einer moderaten und  $r = 0,82$  einer guten Übereinstimmung.

Tabelle 20: Korrelationskoeffizient für das chronologische Alter und das Alter durch die Forensikerin und der Laiin

ICC in Klassen	$r$	$F$	$df1$	$df2$	$p$
Einzelne Maße	0,60	9,50	384	768	0,00
Durchschnittliche Maße	0,82	9,50	384	768	0,00

## 5 Diskussion

### 5.1 Altersverteilung und sozioökonomische Herkunft der Probanden

Da in dieser Studie auf bereits vorhandene Röntgenbilder der Universitätsmedizin Mainz zugegriffen wurde, zeigt sich eine erhöhte Verteilung der Röntgenbilder im Bereich der 13- bis 17-Jährigen ( $46 < N > 67$ ). Die Mehrheit der Jugendlichen stellte sich im Rahmen einer kieferorthopädischen Intervention oder einer Examination zur Weisheitszahnextraktion in der Uniklinik Mainz vor. Die Einleitung der kieferorthopädischen Therapie findet in den meisten Fällen im Zeitraum der zweiten Phase des Wechselgebisses statt. Da die Mehrheit der Jugendlichen aus dem Einzugsgebiet der Stadt Mainz stammt, kann es sich um ein eingeschränkt repräsentatives Patientenkollektiv handeln. Hierbei dreht es sich um Jugendliche mit einem ähnlichen europäischen Stand des sozioökonomischen Status. Dieser ist entscheidend bei der Entwicklung der Ossifikation und kann bei einem niedrigen sozioökonomischen Status, der im Ausland beobachtet werden kann, eine Entwicklungsverzögerung bei Kindern verursachen (66). Schlussfolgend können immigrierte Kinder und Jugendliche im Rahmen einer Altersdiagnostik im Strafverfahren jünger eingeschätzt werden. Die ethnische Zuordnung hat hierbei keine Geltung auf die Ossifikationsgeschwindigkeit (66). Aus diesem Grund sollte die Eignung der Ergebnisse dieser Studie auf die Gesamtbevölkerung kritisch betrachtet werden. In der Literatur wird eine Tendenz des Überschätzens des Alters beschrieben, weshalb geschlechts- und bevölkerungsspezifische Referenztabellen für eine genaue Altersbestimmung entscheidend sind (89, 135, 136). Zudem beschränkt sich die Stichprobe auf eine Altersspanne von 11 bis 22 Jahren. Die Altersprognose verläuft vollständig linear dennoch sind zusätzliche Daten erforderlich, um eine Anwendbarkeit auf eine breitere Altersspanne zu ermöglichen. Des Weiteren beziehen sich die erhobenen Daten ausschließlich auf männliche Probanden. Die vorgestellten Ergebnisse sollten nicht zur Schätzung des Alters von weiblichen Personen eingesetzt werden. Zudem sollte die Kombination aus physischer Examination und die Beurteilung der Röntgenbilder des Gebisses und Teile des Skeletts in Summe zur Altersbestimmung benutzt werden, wie von der AGFAD empfohlen (137).

## 5.2 Häufigkeit der Nichtanlage und/ oder Nicht-Beurteilbarkeit der Weisheitszähne

Weisheitszähne können quadrantenweise angelegt sein oder fehlen. Das Fehlen von Weisheitszähnen wird im Terminus Hypodontie (Nichtanlage) nicht berücksichtigt (138). Der Mehrheit der Betroffenen, die unter Hypodontie leiden, fehlen die Prämolaren und/ oder die lateralen Schneidezähne (139, 140). Die Prävalenz für eine Hypodontie ist selten: Sie liegt für die Zähne 35 und 45 bei 1 - 5 %, bei den Zähnen 12 und 22 bei 0,5 - 3 % und bei den Zähnen 15 und 25 bei 1 -3 % (141). Auffällig ist, dass bei ca. 30 % der Bevölkerung (22.63 % weltweit (142)) mindestens ein Weisheitszahn fehlt (143). Basierend auf den Daten von 92 Studien schlussfolgerten Carter et al. 2015 eine 36 -prozentige Häufigkeit einer Nichtanlage der dritten Molaren im Oberkiefer bei Männern und Frauen im Vergleich zum Unterkiefer (142). Aus demselben Review ging hervor, dass eine Prävalenz von einer ( $N = 50$ ,  $M = 8.4$  %,  $95$  %  $KI = 7.4$  % -  $9.6$  %) bis zwei ( $N = 50$ ,  $M = 7.79$  %,  $95$  %  $KI = 6.8$  % -  $8.9$  %) Nichtanlagen der Weisheitszähne gewöhnlich ist, das Fehlen von allen vier ( $N = 50$ ,  $M = 3.42$  %,  $95$  %  $KI = 2.9$  % -  $4.0$  %) Weisheitszähnen hingegen selten (142). Dieses Phänomen korreliert mit einem erhöhten Auftreten einer bilateralen Agenesie der Weisheitszähne (142). Eine funktionelle Minderstimulation des Gebisses und der daraus resultierenden Wachstumshemmung des Alveolarfortsatzes begünstigen das Fehlen der Zahnanlage der Weisheitszähne (143). Ein geographischer Unterschied der Nichtanlage von dritten Molaren wurde festgestellt. Hierbei liegt die höchste Wahrscheinlichkeit einer Nichtanlage in asiatischen Populationen ( $N = 30$ ,  $M = 29.71$  %,  $95$  %  $KI = 26.1$  % -  $33.5$  %) und die niedrigste in afrikanischen Populationen ( $N = 2$ ,  $M = 5.74$  %,  $95$  %  $KI = 2.7$  % -  $11.8$  %) (142).

In den 385 bewerteten Röntgenbildern dieser Studie fehlten 20,26 % der Probanden der Zahn 18, 17,92 % der Zahn 28, 13,51 % der Zahn 38 und 19,22 % der Zahn 48. Schlussfolgernd ist in unserer Studienreihe der Zahn 38 am häufigsten angelegt. Da ein Mittelwert der vorhandenen Weisheitszähne berechnet wurde und dementsprechend nicht bei jedem Probanden die gleiche Voraussetzung bei der Anzahl der Weisheitszähne galt, kann ebenfalls mit einer Abweichung der Ergebnisse durch eine eingeschränkte Informationsbeute gerechnet werden. Dennoch spiegelt dieser Zustand die klinische Situation in der Altersdiagnostik wider. Im Oberkiefer sind

durch diverse Projektionen in der Röntgenaufnahme die Stadien der Weisheitszahnentwicklung schwieriger einzuschätzen. Eine Überlagerung im OPG kann die Wurzelspitzen undeutlich zeigen. Dies kann zu einer Nicht-Beurteilbarkeit des vorhandenen Zahnes führen. In dieser Studie wurden unerkennbare Zähne individuell eingestuft und ggf. nicht evaluiert. So kam es vor, dass die Forensikerin einen Zahn in ein Stadium nach Demirjians Klassifikation eingeteilt hat, währenddessen die Laiin denselben Zahn als nicht-beurteilbar einstuft. Dies gilt vice versa.

### 5.3 Interobserver Vergleich

Die aufgestellte Hypothese wurde mit dieser Studie bestätigt. Die dentale Altersbestimmung der Laiin unterscheidet sich von der der Expertin. Dennoch kann der Unterschied als gering eingestuft werden, da unter anderem eine positive Korrelation zwischen den Raterinnen vorliegt. Allgemein wurde eine Überschätzung des Alters getätigt. Bei der Expertin war dies im Durchschnitt um die 1,4 Jahre, bei der Laiin um die 1,9 Jahre. In dieser Studie wies die Forensikerin 6 Jahre Berufserfahrung in der forensischen Altersbestimmung und 9 Jahre als Zahnärztin auf, wohingegen sich die Laiin im klinischen Abschnitt ihres Zahnmedizinstudiums befand.

In einem systemischen Review über die dentale Altersbestimmung anhand von DVTs von Merdietio Boedi et al. von 2022 (39 beurteilte Studien) wird ebenfalls von einer hohen Übereinstimmung der Interobserver berichtet (144).

Konträr dazu können in der Literatur bei Interobserver-Vergleichen zur Altersdiagnostik Unterschiede in der Altersprognose durch die Personen mit Expertise festgestellt werden. Diese sind unter anderem auf das unterschiedliche Erfahrungslevel der Sachverständigen zurückzuführen (145, 146). Da auch bei Gutachten hohe Qualitätsunterschiede festgestellt wurden, unterstützt die AGFAD die Personen mit Expertise für die Altersdiagnostik durch Übungen wie Ringversuche und Empfehlungen und bewirkt somit eine Steigerung der Qualität der Gutachten (8).

Ein Interobserver-Unterschied wurde ebenfalls in einer Studie über die Einteilung von Brustkrebs beobachtet, wobei die Pathologen mit einem höheren Erfahrungslevel besser abschnitten als ihre Kollegschaft mit weniger Expertise in diesem Bereich (147). Schmidt et al. beschreiben in ihrer Interobserver-Studie von 2023 eine gleichermaßen große Streuung zwischen den Rater:innen (148). Des Weiteren dominiert im Bereich der Videokapsel-Endoskopie (VCE) eine Heterogenität in der Befundung und eine suboptimale Übereinstimmung der Inter- und Intraobserver, weshalb Cortegoso Valdivia et al. in ihrem systematischen Review von 2022 die Benutzung einer Künstlichen Intelligenz (KI) zur Unterstützung der Rater:innen suggerieren (149). Zudem empfehlen Zhao et al. die Verwendung einer KI-Software um die Interobserver-Übereinkunft bei der Beurteilung des skelettalen Altes von Kindern zu verbessern (150). Dies sollte weiterhin erforscht werden.

## 5.4 Altersschätzung mit der Methode nach Demirjian

Die Methode nach Demirjian (17) gilt als die einfachste und verständlichste Methode zur Stadieneinteilung (151). Wie auch in unserer Versuchsreihe wird in der Literatur vermehrt eine Überschätzung des chronologischen Alters bei dem Gebrauch der Methode nach Demirjian beschrieben (90-92). Im Mittel beträgt diese eine Abweichung von 0,62 Jahren bei Jungen und 0,72 Jahren bei Mädchen (93).

Eine erhebliche Heterogenität zwischen den Studien zur Alterseinschätzung anhand von Weisheitszähnen mit Hilfe der Methode nach Demirjian ist zu beobachten (152).

Auch Willems bestätigte eine signifikante Überschätzung des Alters mit der Demirjian-Methode bei belgischen Kindern und entwickelte in diesem Zuge eine Methode, die die Zahlen von Demirjian an die belgische Population adaptierte (75). Die modifizierte Methode nach Willems (75) zeigt eine signifikant bessere Annäherung an das chronologische Alter als die Applikation der Methode nach Demirjian (151, 153-155). Bei der Anwendung beider Methoden konnte bei serbischen Kindern eine Überschätzung bei männlichen Kindern im Mittel von  $M = 0,45$  Jahren mit Hilfe der Methode nach Demirjian und  $M = 0,12$  Jahren nach Willems festgestellt werden (84). Eine Überschätzung des Alters kann zum Teil durch einen positiven langanhaltenden Trend bezüglich des Wachstums und der Entwicklung erklärt werden (156). Auf Basis eines erhöhten sozioökonomischen Status und dem verbesserten Ernährungszustand der Kinder kann heutzutage eine frühzeitige sexuelle Reife, eine höhere Körpergröße und ein steigendes Körpergewicht beobachtet werden (157). Diese Faktoren müssen bei einer Alterseinschätzung mitevaluiert werden, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen.

Parallel zu der Evaluation von Weisheitszähnen anhand von OPGs kommen vermehrt Studien mit DVTs zur Altersdiagnostik in den Vordergrund. Ihr Vorteil liegt in der dreidimensionalen und multiplanaren Möglichkeit morphologische Eigenschaften, wie die Pulpakammergröße, die mit dem Alter an Volumen durch Sekundärdentinbildung verliert, zu beurteilen (144, 158). So konnte in einem Review von Merdietio et al. anhand von 39 Studien festgestellt werden, dass die Methoden zur Altersbestimmung mithilfe von DVTs zuverlässig und reproduzierbar sind (144). In diesem Zuge wurde herausgefunden, dass die metrische und volumetrische Analyse der Zähne eine präzisere Altersbestimmung als die Stadienzuweisung zulässt (144). Aufgrund der

---

erhöhten Strahlenbelastung sollte die Benutzung dieser Bildgebung und der einhergehenden rechtfertigenden Indikation genauer evaluiert werden. In den Richtlinien der Europäischen Kommission für DVTs gibt es noch keine Leitlinie für die Verwendung von DVTs zur forensischen Altersbestimmung (159).

Die Verwendung von CTs birgt Nachteile wie hohe Kosten und eine erhöhte Strahlenbelastung (160). Eine Standardisierung für die Strahlendosis und die empfohlenen Parameter des benutzten Gerätes im Einsatz für die forensische Altersdiagnostik existiert noch nicht und wird von der AGFAD zukünftig erwartet (161). Der Gebrauch von CTs zur Einschätzung der Ossifikation der Clavicula ist bereits in der forensischen Altersbestimmung standardisiert (102, 103). Zudem bietet diese Form der Bildgebung eine akkurate und verlässliche Aussage zur Altersprognose anhand von Weisheitszähnen (162). Weitere Forschung über die erfolgreiche Kombination der Beurteilung der Clavicula mit den Weisheitszähnen für präzisere Ergebnisse ist bereits erfolgt (163).

Eine strahlenfreie Alternative ist die Magnetresonanztomographie (MRT) (164). Die Altersbestimmung kann hierbei z. B. durch die Betrachtung der Ossifikationsentwicklung der Hand/ dem Handgelenk (165, 166), dem Fußgelenk (167, 168), der Clavicula (169), den Weisheitszähnen (170, 171) oder dem Kniegelenk (172) getätigt werden.

Der Einsatz der Sonographie bietet eine weitere röntgenstrahlenfreie und non-invasive Bildgebung (124). Schulz et al. (125) erforschten 2008 als Vorreiter die forensische Altersschätzung mittels der Sonographie. Hierbei wird die Knochenoberfläche geschallt und in vier Stadien der Ossifikation anhand des Knochenkerns klassifiziert. Mit Hilfe der kombinierten Ultraschalluntersuchung mit der medialen Claviculaeepiphyse, der Beckenkammepiphyse, des distalen Radius, des Trochanter major femoris und der distalen Fibula kann das Erreichen der juristisch relevanten Altersgrenzen von 14, 16 und 18 Jahren bestätigt werden (126). Zusammenfassend ist es eine schnelle, günstige und reproduzierbare Methode (173), die als strahlenfreie Alternative für die forensische Altersbestimmung benutzt werden kann (174).

## 6 Zusammenfassung

Aufgrund zunehmender Immigration von unbegleiteten minderjährigen Ausländer:innen (UMA) nach Deutschland besteht ein erhöhter Bedarf der forensisch-odontologischen Altersbestimmung dieser Personengruppe, da diese oftmals ohne gültige Ausweisdokumente migrieren. In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde die Anwendbarkeit der dentalen Altersbestimmung mit Hilfe der Methode nach Demirjian getestet. Diese Anwendung wurde mittels eines Vergleiches durch eine Forensikerin versus eine Laiin, die keine forensisch-odontologische Ausbildung vorweist, überprüft.

Aus der bestehenden Datenbank der Universitätsmedizin Mainz: Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten wurden randomisiert 385 Orthopantomogramme (OPGs) aus dem Zeitraum vom 01.01.2015 bis 31.03.2020 ausgesucht. Das Patientenkollektiv ist männlich und befand sich zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme in einer Altersspanne von 11 bis 22 Jahren. Jedes OPG wurde separat von den zwei Raterinnen betrachtet und die vorhandenen dritten Molaren mit Hilfe der Mineralisationsstadien der Methode nach Demirjian eingeordnet und klassifiziert. Eine Überschätzung des chronologischen Alters ist, wie in der Literatur beschrieben, sowohl bei der Expertin ( $M = 1,4$  Jahre) als auch bei der Laiin ( $M = 1,9$  Jahre) zu beobachten. Die Hypothese, dass die Forensikerin mit ihrer Altersprognose näher am chronologischen Alter liegt als die Laiin, konnte somit bestätigt werden, auch wenn nur geringe Unterschiede zu vermerken sind.

Bei Zweifeln am tatsächlichen Alter sollte dennoch zu Gunsten des Betroffenen geurteilt werden (im Sinne von „in dubio pro minore“ (113)). Klare Handlungsempfehlungen als Orientierung wurden durch das Bundesland Rheinland-Pfalz bezüglich behördlicher Verfahren zur Altersfeststellung aufgestellt (35) und sollten in diesem Rahmen eingehalten werden.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Schmeling A, Dettmeyer R, Rudolf E, Vieth V, Geserick G. Forensic age estimation: methods, certainty, and the law. *Deutsches Ärzteblatt International*. 2016;113(4):44.
2. Arbeitsgruppe "Qualitätsmanagement in der Forensischen Medizin". Forensische Verfahren zur Identifizierung unbekannter Personen. [www.sgrm.ch](http://www.sgrm.ch); 2017 08.05.2017.
3. Pretty IA, Sweet D. A look at forensic dentistry – Part 1: The role of teeth in the determination of human identity. *British Dental Journal*. 2001;190(7):359-66.
4. Higgins D, Austin JJ. Teeth as a source of DNA for forensic identification of human remains: A Review. *Science & Justice*. 2013;53(4):433-41.
5. Hinchliffe J. Forensic odontology, part 1. Dental identification. *British Dental Journal*. 2011;210(5):219-24.
6. Hinchliffe J. Forensic odontology, part 2. Major disasters. *British Dental Journal*. 2011;210(6):269-74.
7. Krishan K, Kanchan T, Garg AK. Dental Evidence in Forensic Identification - An Overview, Methodology and Present Status. *Open Dent J*. 2015;9:250-6.
8. Geserick G, Schmeling A. Qualitätssicherung der forensischen Altersdiagnostik bei lebenden Personen. *Rechtsmedizin*. 2011;21(1):22-5.
9. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G. Age estimation of living people undergoing criminal proceedings. *Lancet*. 2001;358(9276):89.
10. Orhan K, Ozer L, Orhan AI, Dogan S, Paksoy CS. Radiographic evaluation of third molar development in relation to chronological age among Turkish children and youth. *Forensic Science International*. 2007;165(1):46-51.
11. Shah P, Velani P, Lakade L, Dukle S. Teeth in forensics: A review. *Indian Journal of Dental Research*. 2019;30(2):291-9.
12. Marroquin TY, Karkhanis S, Kvaal SI, Vasudavan S, Kruger E, Tennant M. Age estimation in adults by dental imaging assessment systematic review. *Forensic Sci Int*. 2017;275:203-11.
13. Forensische Zahnmedizin: "Überzeugende Expertisen zur Opfer-Identität sind das Wichtigste". *der junge zahnarzt*. 2019;10(1):68-9.
14. Lockemann U FA, Püschel K, Schmeling A, Geserick G. Empfehlungen für die Altersdiagnostik bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen außerhalb des Strafverfahrens. 2004.
15. Sauer PJ, Nicholson A, Neubauer D. Age determination in asylum seekers: physicians should not be implicated. *Springer*; 2016. p. 209-303.
16. Deutscher Caritasverband RMul. Unbegleitete minderjährige Flüchtlinge in Deutschland: Rechtliche Vorgaben und deren Umsetzung. Freiburg: Lambertus-Verlag; 2017.
17. Demirjian A, Goldstein H, Tanner J. A new system of dental age assessment 1973. 211-27 p.
18. Hunger U, Rother S. Internationale Migrationspolitik: utb GmbH; 2021.
19. Von Beyme K. Migrationspolitik: Über Erfolge und Misserfolge: Springer-Verlag; 2020.
20. Bundesamt für Migration und Flüchtlinge. Migrationsbericht der Bundesregierung (Migrationsbericht 2019). Berlin 2020 02.10.2020.

21. Grote J, Hoffmeyer-Zlotnik P, Kuntscher A, Tangermann J. Migration, Integration, Asyl: politische Entwicklungen in Deutschland 2017. 2018:61-2.
22. Tangermann J, Hoffmeyer-Zlotnik P. Unbegleitete Minderjährige in Deutschland: Herausforderungen und Maßnahmen nach der Klärung des aufenthaltsrechtlichen Status; Fokusstudie der deutschen nationalen Kontaktstelle für das Europäische Migrationsnetzwerk (EMN). 2018:13.
23. Müller K-D. Unbegleitete minderjährige Ausländer: Inobhutnahme und Betreuung im Landesbetrieb Erziehung und Beratung; Landesbetrieb Erziehung und Beratung; 2018.
24. Abbing HDR. Age determination of unaccompanied asylum seeking minors in the European Union: a health law perspective. *European journal of health law*. 2011;18(1):11-25.
25. Malmqvist E, Furberg E, Sandman L. Ethical aspects of medical age assessment in the asylum process: a Swedish perspective. *International Journal of Legal Medicine*. 2018;132(3):815-23.
26. Statistisches Bundesamt. 2016: 84 200 Inobhutnahmen zum Schutz von Kindern und Jugendlichen 2017 [updated 23.08.2017; cited 23.01.2021. Pressemitteilung Nr. 290]. Available from: [https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2017/08/PD17\\_290\\_225.html](https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2017/08/PD17_290_225.html).
27. Korntheuer A, Pritchard, Paul, Maehler E, Débora B. Structural Context of Refugee Integration in Canada and Germany. *GESIS-Schriftenreihe*. 2017;15:133-5.
28. Bundesamt S. Statistiken der Kinder- und Jugendhilfe - Vorläufige Schutzmaßnahmen. 2017 23.08.2017. Contract No.: 5225203167004.
29. Bundesamt für Migration und Flüchtlinge. Aktuelle Zahlen (12/2020)2021 10.01.2021. 7-9 p.
30. Böhles H. QM. Erkrankungen bei Migranten. In: *Transkulturelle Medizin*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2018 09.02.2018.
31. Klein A. Altersschätzung bei unbegleiteten minderjährigen Flüchtlingen: Gefährdung des Kindeswohls? *Kritische Justiz*. 2015;48(4):405-20.
32. UNHCR. UNHCR observations on the use of age assessments in the identification of separated or unaccompanied children seeking asylum. *Lithuanian Supreme Court*; 2015 01.06.2015.
33. Jeschonnek T. Umweltbildung mit minderjährigen unbegleiteten Flüchtlingen. Frankfurt am Main 2017. 45 p.
34. Netz S. Teeth and Truth? Age IDentities of Migrants in the Making. *Ethnos*. 2020:1-16.
35. Rheinland-Pfalz Landesamt für Soziales JuV. Handlungsempfehlung zum behördlichen Verfahren der Altersfeststellung bei ausländischen Personen durch das Jugendamt. 2020;3. Auflage:1-12.
36. Rehklau C. Flüchtlinge als Adressat\_innen Sozialer Arbeit? In: Ghaderi C, Eppenstein T (eds) *Flüchtlinge*: Springer VS, Wiesbaden; 2017. p. 305-22.
37. Gelhaar J. Die Praxis der Alterseinschätzung von unbegleiteten minderjährigen Flüchtlingen. *KJ Kritische Justiz*. 2018;51(2):179-92.
38. Deutscher Bundestag. Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (13. Ausschuss). Drucksache 18/6392. 2015:1-24.
39. Urschler M, Pfeifer M, Štern D, Witek T. Forensische Altersdiagnostik mit Fokus auf den Lebenden. *Forensigraphie: Möglichkeiten und Grenzen IT-gestützter klinisch-forensischer Bildgebung*: Jan Sramek Verlag KG; 2017. p. 189-221.

40. Ritz-Timme S, Collins MJ. Racemization of aspartic acid in human proteins. *Ageing Research Reviews*. 2002;1(1):43-59.
41. Schmeling A, Kaatsch HJ, Marré B, Reisinger W, Riepert T, Ritz-Timme S, et al. Empfehlungen für die Altersdiagnostik bei Lebenden im Strafverfahren. *Rechtsmedizin*. 2001;11(1):1-3.
42. Röttscher K, Grundmann C. Recommendations on age diagnostics of living persons in criminal proceedings. *Int Poster J Dent Oral Med*. 2003;5(2).
43. Brakel Markus. Forensische Zahnmedizin: "Überzeugende Expertisen zur Opfer-Identität sind das Wichtigste". *der junge zahnarzt*. 2019;10(1):68-9.
44. Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch HJ, Knell B, Ramsthaler F, et al. Aktualisierte Empfehlungen der Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik für Altersschätzungen bei Lebenden im Strafverfahren. *Rechtsmedizin*. 2008;18(6):452.
45. Kreitner KF, Schweden FJ, Riepert T, Nafe B, Thelen M. Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *Eur Radiol*. 1998;8(7):1116-22.
46. Schmeling A, Grundmann C, Fuhrmann A, Kaatsch HJ, Knell B, Ramsthaler F, et al. Criteria for age estimation in living individuals. *International Journal of Legal Medicine*. 2008;122(6):457.
47. Grundmann C. Forensische Altersdiagnostik bei Kindern, Jugendlichen und Heranwachsenden. Stuttgart · New York: Georg Thieme Verlag KG; 2019. V44 p.
48. Müller K, Fuhrmann A, Püschel K. Altersschätzung bei einreisenden jungen Ausländern. *Rechtsmedizin*. 2011;21(1):33-8.
49. Cummaudo M, De Angelis D, Magli F, Minà G, Merelli V, Cattaneo C. Age estimation in the living: A scoping review of population data for skeletal and dental methods. *Forensic Science International*. 2021;320:110689.
50. Daseking M, U K. Entwicklungsstörungen in der Kindheit. *Kindheit und Entwicklung*. 2022;31(3):131-5.
51. Schmeling A, Olze A, Reisinger W, Geserick G. Forensic age diagnostics of living people undergoing criminal proceedings. *Forensic Science International*. 2004;144(2):243-5.
52. Knell B. Fallstricke in der forensischen Altersdiagnostik zur Frage nach dem 18. Altersjahr. *Rechtsmedizin*. 2020;30(6):413-24.
53. Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Archives of disease in childhood*. 1969;44(235):291.
54. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. *Archives of disease in childhood*. 1970;45(239):13-23.
55. Flügel B, Greil H, Sommer K. Anthropologischer Atlas: Alters- und Geschlechtsvariabilität des Menschen: Grundlagen und Daten. 188 Abbildungen, 7 Farbtafeln, 28 Nomogramme, 238 Tabellen: Edition Wötzel; 1986.
56. Cummaudo M, Guerzoni M, Gibelli D, Cigada A, Obertová Z, Ratnayake M, et al. Towards a method for determining age ranges from faces of juveniles on photographs. *Forensic Science International*. 2014;239:107.e1-.e7.
57. Niemitz C. Altersschätzung von Kindern einer außereuropäischen Ethnie anhand von Bildmaterial. *Kriminalistik*. 2018;3/2018:157-61.
58. Martin DD, Wit JM, Hochberg Z, Sävendahl L, van Rijn RR, Fricke O, et al. The Use of Bone Age in Clinical Practice – Part 1. *Hormone Research in Paediatrics*. 2011;76(1):1-9.
59. Schmidt S, Fracasso T, Pfeiffer H, Schmeling A. Skelettaltersbestimmung der Hand. *Rechtsmedizin*. 2010;20(6):475-82.

60. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist: Stanford university press; 1959.
61. Thiemann H-H, Nitz I., Schmeling A.,. Röntgenatlas der normalen Hand im Kindesalter: Georg Thieme Verlag; 2006.
62. Gilsanz V, Ratib O. Hand bone age: a digital atlas of skeletal maturity: Springer Science & Business Media; 2005.
63. Tanner JM, Whitehouse R, Cameron N, Marshall W, Healy M, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method): WB Saunders London; 2001.
64. Roche AF, Thissen D, Chumlea W. Assessing the skeletal maturity of the hand-wrist: Fels method: Thomas; 1988.
65. Andersen E. Comparison of Tanner-Whitehouse and Greulich-Pyle methods in a large scale Danish survey. *American Journal of Physical Anthropology*. 1971;35(3):373-6.
66. Schmeling A, Reisinger W, Loreck D, Vendura K, Markus W, Geserick G. Effects of ethnicity on skeletal maturation: consequences for forensic age estimations. *International journal of legal medicine*. 2000;113(5):253-8.
67. Schmeling A, Schulz R, Danner B, Rösing FW. The impact of economic progress and modernization in medicine on the ossification of hand and wrist. *International Journal of Legal Medicine*. 2006;120(2):121-6.
68. Schmidt S, Nitz I, Schulz R, Tsokos M, Schmeling A. The digital atlas of skeletal maturity by Gilsanz and Ratib: a suitable alternative for age estimation of living individuals in criminal proceedings? *International journal of legal medicine*. 2009;123(6):489-94.
69. Schmidt S, Nitz I, Ribbecke S, Schulz R, Pfeiffer H, Schmeling A. Skeletal age determination of the hand: a comparison of methods. *International Journal of Legal Medicine*. 2013;127(3):691-8.
70. Jung H. [The radiation risks from x-ray studies for age assessment in criminal proceedings]. *Rofo*. 2000;172(6):553-6.
71. Organization WH. Oral health surveys: basic methods: World Health Organization; 2013.
72. Lehmann KM, Hellwig E, Wenz H-J. Zahnärztliche Propädeutik: Einführung in die Zahnheilkunde; mit 34 Tabellen: Deutscher Ärzteverlag; 2009.
73. Alt KW. Empfehlung zur einheitlichen Kennzeichnung der Zähne bei der 2-1-2-3 Zahnformel. *Anthropologie (1962-)*. 1989;27(1):5-12.
74. Olze A, Peschke C, Schulz R, Schmeling A. Studies of the chronological course of wisdom tooth eruption in a German population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2008;15(7):426-9.
75. Willems G, Van Olmen A, Spiessens B, Carels C. Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. *Journal of Forensic Science*. 2001;46(4):893-5.
76. Rösing FW, Graw M, Marré B, Ritz-Timme S, Rothschild MA, Röttscher K, et al. Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin. *Rechtsmedizin*. 2005;15(1):36.
77. Köhler S, Schmelzke R, Loitz C, Püschel K. Die entwicklung des weisheitszahnes als kriterium der lebensaltersbestimmung. *Annals of anatomy-Anatomischer Anzeiger*. 1994;176(4):339-45.
78. Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R, Patterson DK. Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *American Journal of Orthodontics*. 1985;88(5):433-8.

79. Schmeling A, Lockemann U, Olze A, Reisinger W, Fuhrmann A, Püschel K, et al. Forensische Altersdiagnostik bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen. *Dtsch Arztebl International*. 2004;101(18):A-1261.
80. Olze A, Schmeling A, Rieger K, Kalb G, Geserick G. Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Weisheitszahnmineralisation bei einer deutschen Population. *Rechtsmedizin*. 2003;13(1):5-10.
81. Samuel SG, Ashalatha U, Babu R, Uma Maheshwari T. Dental age estimation among normal and disabled (Deaf and dumb) children in Gandhinagar city—a cross sectional study. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*. 2018;12(4):94-7.
82. Willershausen B, Löffler N, Schulze R. Analysis of 1202 orthopantograms to evaluate the potential of forensic age determination based on third molar developmental stages. *European journal of medical research*. 2001;6(9):377-84.
83. Demirjian A, Goldstein H. New systems for dental maturity based on seven and four teeth. *Annals of human biology*. 1976;3(5):411-21.
84. Djukic K, Zelic K, Milenkovic P, Nedeljkovic N, Djuric M. Dental age assessment validity of radiographic methods on Serbian children population. *Forensic Science International*. 2013;231(1):398.e1-.e5.
85. Knell B, Schmeling A. Einfluss der Retention auf die Weisheitszahnmineralisation. *Rechtsmedizin*. 2010;20(6):469-74.
86. Olze A, Schmeling A, Taniguchi M, Maeda H, van Niekerk P, Wernecke K-D, et al. Forensic age estimation in living subjects: the ethnic factor in wisdom tooth mineralization. *International Journal of Legal Medicine*. 2004;118(3):170-3.
87. Olze A, Bilang D, Schmidt S, Wernecke K-D, Geserick G, Schmeling A. Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *International Journal of Legal Medicine*. 2005;119(1):22-6.
88. Marrero-Ramos MD, López-Urquía L, Suárez-Soto A, Sánchez-Villegas A, Vicente-Barrero M. Estimation of the age of majority through radiographic evaluation of the third molar maturation degree. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2020;25(3):e359-e63.
89. Melo M, Ata-Ali J. Accuracy of the estimation of dental age in comparison with chronological age in a Spanish sample of 2641 living subjects using the Demirjian and Nolla methods. *Forensic Science International*. 2017;270:276.e1-.e7.
90. Koshy S TS. Dental age assessment: The applicability of Demirjian's method in South Indian children. *Forensic Science International*. 1998;94(1):73-85.
91. Hägg U, Matsson L. Dental maturity as an indicator of chronological age: the accuracy and precision of three methods. *The European Journal of Orthodontics*. 1985;7(1):25-34.
92. Staaf V, Mörnstad H, Welander U. Age estimation based on tooth development: a test of reliability and validity. *European Journal of Oral Sciences*. 1991;99(4):281-6.
93. Esan TA, Yengopal V, Schepartz LA. The Demirjian versus the Willems method for dental age estimation in different populations: A meta-analysis of published studies. *PLoS One*. 2017;12(11):e0186682.
94. Hegde S, Patodia A, Dixit U. A comparison of the validity of the Demirjian, Willems, Nolla and Häavikko methods in determination of chronological age of 5–15 year-old Indian children. *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2017;50:49-57.
95. Haavikko K. Tooth formation age estimated on a few selected teeth. *Proc Finn Dent Soc*. 1974;70:15-9.
96. Solheim T. A new method for dental age estimation in adults. *Forensic science international*. 1993;59(2):137-47.
97. Kvaal SI, Kolltveit KM, Thomsen IO, Solheim T. Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Science International*. 1995;74(3):175-85.

98. Butti AC, Clivio A, Ferraroni M, Spada E, Testa A, Salvato A. Haavikko's method to assess dental age in Italian children. *The European Journal of Orthodontics*. 2009;31(2):150-5.
99. Solheim T, Vonen A. Dental age estimation, quality assurance and age estimation of asylum seekers in Norway. *Forensic Science International*. 2006;159:S56-S60.
100. Karkhanis S, Mack P, Franklin D. Age estimation standards for a Western Australian population using the dental age estimation technique developed by Kvaal et al. *Forensic Sci Int*. 2014;235:104.e1-6.
101. Schmeling A, Schulz R, Reisinger W, Mühler M, Wernecke K-D, Geserick G. Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *International Journal of Legal Medicine*. 2004;118(1):5-8.
102. Schmeling A, Schmidt S, Schulz R, Wittschieber D, Rudolf E. Studienlage zum zeitlichen Verlauf der Schlüsselbeinossifikation. *Rechtsmedizin*. 2014;24(6):467-74.
103. Wittschieber D, Ottow C, Vieth V, Küppers M, Schulz R, Hassu J, et al. Projection radiography of the clavicle: still recommendable for forensic age diagnostics in living individuals? *International Journal of Legal Medicine*. 2015;129(1):187-93.
104. Meijerman L, Maat GJR, Schulz R, Schmeling A. Variables affecting the probability of complete fusion of the medial clavicular epiphysis. *International Journal of Legal Medicine*. 2007;121(6):463-8.
105. Klein P. Asylbewerber und ihre Versorgungssituation. *Der Internist*. 2016;57(5):402-8.
106. Befurt L, Kirchhoff G, Rudolf E, Schmeling A. Legal aspects of forensic age diagnostics on the basis of § 42f German Social Code (SGB) VIII. *Rechtsmedizin*. 2020;30:241-8.
107. Parzeller M. Rechtliche Aspekte der forensischen Altersdiagnostik. *Rechtsmedizin*. 2011;21(1):12-21.
108. 110. Deutsche Ärztetag. 2. Keine Beteiligung von Ärzten bei Altersfeststellung im Asylverfahren [Internet] [www.bundesaerztekammer.de](http://www.bundesaerztekammer.de): Bundesärztekammer; 2007 [cited 20.01.2021]. Available from: <https://www.bundesaerztekammer.de/aerztetag/beschlussprotokolle-ab-1996/110-daet-2007/punkt-v/asylbewerber/altersfeststellung/>.
109. Arbeitsgemeinschaft Physik und Technik. Asylrecht, Röntgenuntersuchungen bei ... [Internet] [www.apr.drg.de](http://www.apr.drg.de): Deutsche Röntgen-Gesellschaft, Gesellschaft für Medizinische Radiologie e.V; n.d. [updated n.d.; cited 21.01.2021]. Available from: <https://www.apr.drg.de/de-DE/439/asylrecht/>.
110. Bundeskriminalamt. PKS Jahrbuch 2019, Band 3, Version 3.02019.
111. Schmeling A, Reisinger W, Wormanns D, Geserick G. Strahlenexposition bei Röntgenuntersuchungen zur forensischen Altersschätzung Lebender. *Rechtsmedizin*. 2000;10(4):135-7.
112. Brunner R, D D. Jugendgerichtsgesetz - Kommentar: De Gruyter; 2017. 68 p.
113. BDR. Mitteilungen des Berufsverbandes der Deutschen Radiologen - Medizinische Altersschätzung bei unbegleiteten jungen Flüchtlingen. *Der Radiologe*. 2018;58(1):94.
114. Grunert J-H. Entdeckung der Röntgenstrahlen und Grundlagen der Strahlenphysik. Strahlenschutz für Röntgendiagnostik und Computertomografie: Grundkurs und Spezialkurse. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2019. p. 3-37.
115. Schulze R. Lehrbuch Zahnärztliches Röntgen: Grundlagen, Technik, Anwendung – Hintergrundinformationen –: Johannes Gutenberg-Universität Mainz; 2019.

116. Kahl-Scholz M, Vockelmann C. *Physikalische Grundlagen*: Springer; 2017. 355 p.
117. Tanner JM, Nicolay NH. Wenn der Name zur Einheit wird: Rolf Maximilian Sievert. *Der Radiologe*. 2018;58(2):153-8.
118. Barczyk S, Krause M, Rhombert W. *Strahlentherapie*. In: Margulies A, Kroner T, Gaisser A, Bachmann-Mettler I (eds) *Onkologische Krankenpflege*: Springer, Berlin, Heidelberg; 2017. p. 115.
119. Strahlenschutzkommission. *Verwendung von Patienten-Strahlenschutzmitteln bei der diagnostischen Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen - Empfehlung der Strahlenschutzkommission und wissenschaftliche Begründung*. 297. Sitzung Strahlenschutzkommission am 13./14.12.2018; 2018.
120. Schmeling A. *Die aktuelle medizinethische Debatte über forensische Altersdiagnostik bei unbegleiteten minderjährigen Flüchtlingen*. WWU Münster, Masterarbeit ([https://www.dgrm.de/fileadmin/PDF/AG\\_FAD/masterarbeit\\_schmeling.pdf](https://www.dgrm.de/fileadmin/PDF/AG_FAD/masterarbeit_schmeling.pdf)). 2018:26.
121. Parzeller M. *Juristische Aspekte der forensischen Altersdiagnostik*. *Rechtsmedizin*. 2015;25(1):21-9.
122. Meier N, Schmeling A, Loose R, Vieth V. *Altersdiagnostik und Strahlenexposition*. *Rechtsmedizin*. 2015;25(1):30-3.
123. Statistisches Bundesamt. *Gesundheit - Todesursachen in Deutschland 2015*. 2017 19.01.2017. Contract No.: 2120400157004.
124. Schmeling A, Püschel K. *Forensische Altersdiagnostik III*. *Rechtsmedizin*. 2014;24(6):457-8.
125. Schulz R, Zwiesigk P, Schiborr M, Schmidt S, Schmeling A. *Ultrasound studies on the time course of clavicular ossification*. *International Journal of Legal Medicine*. 2008;122(2):163-7.
126. Schulz R, Schmidt S, Pfeiffer H, Schmeling A. *Sonographische Untersuchungen verschiedener Skelettregionen*. *Rechtsmedizin*. 2014;24(6):480-4.
127. Dvorak J, George J, Junge A, Hodler J. *Age determination by magnetic resonance imaging of the wrist in adolescent male football players*. *British journal of sports medicine*. 2007;41(1):45-52.
128. De Tobel J, Parmentier GIL, Phlypo I, Descamps B, Neyt S, Van De Velde WL, et al. *Magnetic resonance imaging of third molars in forensic age estimation: comparison of the Ghent and Graz protocols focusing on apical closure*. *International journal of legal medicine*. 2019;133(2):583-92.
129. De Tobel J, Phlypo I, Fieuws S, Politis C, Verstraete KL, Thevissen PW. *Forensic age estimation based on development of third molars: a staging technique for magnetic resonance imaging*. *The Journal of forensic odonto-stomatology*. 2017;35(2):117-40.
130. Baumann P, Widek T, Merckens H, Boldt J, Petrovic A, Urschler M, et al. *Dental age estimation of living persons: Comparison of MRI with OPG*. *Forensic Science International*. 2015;253:76-80.
131. Widek T, Genet P, Ehammer T, Schwark T, Urschler M, Scheurer E. *Bone age estimation with the Greulich-Pyle atlas using 3T MR images of hand and wrist*. *Forensic Science International*. 2021;319:110654.
132. De Tobel J, Fieuws S, Hillewig E, Phlypo I, van Wijk M, de Haas MB, et al. *Multi-factorial age estimation: A Bayesian approach combining dental and skeletal magnetic resonance imaging*. *Forensic Science International*. 2020;306:110054.
133. Olze A, Schmeling A, Geserick G, Rieger K, Kalb G. *Untersuchungen zum Mineralisationsstand der dritten Molaren an einer europäischen Population*. *Newsletter AKFOS*. 2001;2:47-50.

134. Dagassan D, Lübbers HT. New rules for diagnostic monitors in oral and maxillofacial radiology in Switzerland - a statement of the Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology. *Swiss Dent J.* 2021;131(5):447-50.
135. Kirzioğlu Z, Ceyhan D. Accuracy of different dental age estimation methods on Turkish children. *Forensic science international.* 2012;216(1-3):61-7.
136. Flood SJ, Franklin D, Turlach BA, McGeachie J. A comparison of Demirjian's four dental development methods for forensic age estimation in South Australian sub-adults. *Journal of forensic and legal medicine.* 2013;20(7):875-83.
137. Serinelli S, Panetta V, Pasqualetti P, Marchetti D. Accuracy of three age determination X-ray methods on the left hand-wrist: A systematic review and meta-analysis. *Legal Medicine.* 2011;13(3):120-33.
138. Gokkaya B, Kargul B. Prevalence and Pattern of Non-Syndromic Hypodontia in a Group of Turkish Children. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50(1):58-64.
139. Endo T, Ozoe R, Kubota M, Akiyama M, Shimooka S. A survey of hypodontia in Japanese orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2006;129(1):29-35.
140. Vahid-Dastjerdi E, Borzabadi-Farahani A, Mahdian M, Amini N. Non-syndromic hypodontia in an Iranian orthodontic population. *Journal of oral science.* 2010;52(3):455-61.
141. Arnold WH. *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*: Thieme; 2005.
142. Carter KE, Worthington S. Morphologic and Demographic Predictors of Third Molar Agenesis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of dental research.* 2015;94:887-94.
143. Harzer W, Eckelt U, Walter M. Nichtanlage bleibender Zähne—Diagnostik und Therapieempfehlungen. *Zahnmedizin up2date.* 2008;2(05):451-3.
144. Merdietio Boedi R, Shepherd S, Mânica S, Franco A. CBCT in dental age estimation: A systematic review and meta analysis. *Dentomaxillofacial Radiology.* 2022;51(4):20210335.
145. Darmawan MF, Abidin AFZ, Kasim S, Sutikno T, Budiarto R. Random forest age estimation model based on length of left hand bone for asian population. *International Journal of Electrical and Computer Engineering.* 2020;10(1):549.
146. Franceschetti L, Merelli VG, Corona S, Magli F, Maggioni L, Cummaudo M, et al. Analysis of interrater reliability in age assessment of minors: how does expertise influence the evaluation? *International Journal of Legal Medicine.* 2022;136(1):279-85.
147. Zaakouk M, Van Bockstal M, Galant C, Callagy G, Provenzano E, Hunt R, et al. Inter- and Intra-Observer Agreement of PD-L1 SP142 Scoring in Breast Carcinoma—A Large Multi-Institutional International Study. *Cancers.* 2023;15(5):1511.
148. Schmidt A, Morales-Álvarez P, Molina R, editors. Probabilistic Modeling of Inter- and Intra-observer Variability in Medical Image Segmentation. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*; 2023.
149. Cortegoso Valdivia P, Deding U, Bjørsum-Meyer T, Baatrup G, Fernández-Urién I, Dray X, et al. Inter/Intra-Observer Agreement in Video-Capsule Endoscopy: Are We Getting It All Wrong? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Diagnostics.* 2022;12(10):2400.
150. Zhao K, Ma S, Sun Z, Liu X, Zhu Y, Xu Y, et al. Effect of AI-assisted software on inter- and intra-observer variability for the X-ray bone age assessment of preschool children. *BMC Pediatrics.* 2022;22(1):644.
151. Maber M, Liversidge HM, Hector MP. Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Science International.* 2006;159:S68-S73.

152. Rolseth V, Mosdol A, Dahlberg PS, Ding Y, Bleka O, Skjerven-Martinsen M, et al. Age assessment by Demirjian's development stages of the third molar: a systematic review. *Eur Radiol.* 2019;29(5):2311-21.
153. Grover S, Marya CM, Avinash J, Pruthi N. Estimation of dental age and its comparison with chronological age: accuracy of two radiographic methods. *Medicine, Science and the Law.* 2012;52(1):32-5.
154. Mani SA, Naing L, John J, Samsudin AR. Comparison of two methods of dental age estimation in 7–15-year-old Malays. *International journal of paediatric dentistry.* 2008;18(5):380-8.
155. El-Bakary AA, Hammad SM, Mohammed F. Dental age estimation in Egyptian children, comparison between two methods. *Journal of forensic and legal medicine.* 2010;17(7):363-7.
156. Liversidge H, Speechly T, Hector M. Dental maturation in British children: are Demirjian's standards applicable? *International Journal of Paediatric Dentistry.* 1999;9(4):263-9.
157. Różyło-Kalinowska I, Kiworkowa-Rączkowska E, Kalinowski P. Dental age in central Poland. *Forensic science international.* 2008;174(2-3):207-16.
158. Rathore A, Puri N, Singh B, Kaur K, Singh B, Singh S. Mandibular Teeth as Predictors in Forensic Age Estimation: A Cone-Beam Computed Tomography-Based Pulp Volume Regression Study. *Contemporary Clinical Dentistry.* 2023;14(1):11.
159. Commission E, Energy D-Gf. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology – Evidence-based guidelines: Publications Office; 2012.
160. Bjørk MB, Kvaal SI. CT and MR imaging used in age estimation: a systematic review. *J Forensic Odontostomatol.* 2018;36(1):14-25.
161. Ruder TD, Kuhnen SC, Zech W-D, Klaus JB, Lombardo P, Ith M. Standards of practice in forensic age estimation with CT of the medial clavicular epiphysis—a systematic review. *International Journal of Legal Medicine.* 2023;137(6):1757-66.
162. Cantekin K, Sekerci AE, Buyuk SK. Dental computed tomographic imaging as age estimation: morphological analysis of the third molar of a group of Turkish population. *Am J Forensic Med Pathol.* 2013;34(4):357-62.
163. Bjelopavlovic M, Reder SR, Fritzen I, Brockmann MA, Hardt J, Petrowski K. Forensic Age Estimation: A Multifactorial Approach in a Retrospective Population Study. *Diagnostics.* 2023;13(12):2029.
164. Auf der Mauer M, Säring D, Stanczus B, Herrmann J, Groth M, Jopp-van Well E. A 2-year follow-up MRI study for the evaluation of an age estimation method based on knee bone development. *International Journal of Legal Medicine.* 2019;133(1):205-15.
165. Timme M, Ottow C, Schulz R, Pfeiffer H, Heindel W, Vieth V, et al. Magnetic resonance imaging of the distal radial epiphysis: a new criterion of maturity for determining whether the age of 18 has been completed? *International Journal of Legal Medicine.* 2017;131(2):579-84.
166. Tomei E, Sartori A, Nissman D, Al Ansari N, Battisti S, Rubini A, et al. Value of MRI of the hand and the wrist in evaluation of bone age: Preliminary results. *Journal of Magnetic Resonance Imaging.* 2014;39(5):1198-205.
167. Ekizoglu O, Hocaoglu E, Can IO, Inci E, Aksoy S, Bilgili MG. Magnetic resonance imaging of distal tibia and calcaneus for forensic age estimation in living individuals. *International Journal of Legal Medicine.* 2015;129(4):825-31.
168. Saint-Martin P, Rérolle C, Dedouit F, Bouilleau L, Rousseau H, Rougé D, et al. Age estimation by magnetic resonance imaging of the distal tibial epiphysis and the calcaneum. *International Journal of Legal Medicine.* 2013;127(5):1023-30.

169. Hillewig E, Degroote J, Van der Paelt T, Visscher A, Vandemaele P, Lutin B, et al. Magnetic resonance imaging of the sternal extremity of the clavicle in forensic age estimation: towards more sound age estimates. *International Journal of Legal Medicine*. 2013;127(3):677-89.
170. Bjørk MB, Kvaal SI, Bleka Ø, Sakinis T, Tuvnes FA, Haugland M-A, et al. Age prediction in sub-adults based on MRI segmentation of 3rd molar tissue volumes. *International Journal of Legal Medicine*. 2023;137(3):753-63.
171. Widek T, Genet P, Merkens H, Boldt J, Petrovic A, Vallis J, et al. Dental age estimation: The chronology of mineralization and eruption of male third molars with 3T MRI. *Forensic Science International*. 2019;297:228-35.
172. Ording Muller L-S, Adolfsson J, Forsberg L, Bring J, Dahlgren J, Domeij H, et al. Magnetic resonance imaging of the knee for chronological age estimation—a systematic review. *European Radiology*. 2023;33(8):5258-68.
173. Ekizoglu O, Er A, Buyuktoka AD, Bozdog M, Karaman G, Moghaddam N, et al. Ultrasonographic assessment of ossification of the distal radial epiphysis for estimating forensic age. *International Journal of Legal Medicine*. 2021;135(4):1573-80.
174. Yelauri C, Raman R, BM B. A study of fusion of radial head using ultrasonography and its application in forensic age estimation. 2021.
175. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2):155-63.

## **Rechtliche Grundlage**

### **Ausländerrecht**

§ 12 Asylgesetz (AsylG) vom 02.09.2008 – Handlungsfähigkeit - des Gesetzes (BGBl. I S. 1798). Zuletzt geändert durch Art. 3 Abs. 1 G. vom 09.10.2020 (BGBl. I S. 2075)

§ 49 Aufenthaltsgesetz Abs. 6 (AufenthG) vom 25.02.2008 – Überprüfung, Feststellung und Sicherheit der Identität - des Gesetzes (BGBl. I S. 162). Zuletzt geändert durch Art. 10 G. vom 09.12.2020 (BGBl. I S. 2855)

§ 68 Ausländergesetz (AuslG) vom 09.07.1990 – Handlungsfähigkeit Minderjähriger – des Gesetzes (BGBl. I S. 1354, 1356). Zuletzt geändert durch Art. 13 G. vom 23.07.2004 (BGBl. I S. 1842)

§ 80 Aufenthaltsgesetz (AufenthG) vom 25.02.2008 – Handlungsfähigkeit - des Gesetzes (BGBl. I S. 162). Zuletzt geändert durch Art. 10 G. vom 09.12.2020 (BGBl. I S. 2855)

**Familienrecht**

§ 26 Gesetz über das Verfahren in Familiensachen und in den Angelegenheiten der freiwilligen Gerichtsbarkeit (FamFG) vom 17.12.2008– Ermittlung vom Amts wegen - Artikel 1 des Gesetzes (BGBl. I S. 2586, 2587). Zuletzt geändert durch Artikel 2 G. vom 12.02.2021 (BGBl. I S. 226)

§ 29 Gesetz über das Verfahren in Familiensachen und in den Angelegenheiten der freiwilligen Gerichtsbarkeit (FamFG) vom 17.12.2008 – Beweiserhebung - Artikel 1 des Gesetzes (BGBl. I S. 2586, 2587). Zuletzt geändert durch Art. 2 G. vom 12.02.2021 (BGBl. I S. 226)

§ 30 Gesetz über das Verfahren in Familiensachen und in den Angelegenheiten der freiwilligen Gerichtsbarkeit (FamFG) vom 17.12.2008 – Förmliche Beweisaufnahme - Artikel 1 des Gesetzes vom 17.12.2008 (BGBl. I S. 2586, 2587). Zuletzt geändert durch Art. 2 G. vom 12.02.2021 (BGBl. I S. 226)

§ 1773 Bürgerliches Gesetzbuch (BGB) vom 02.01.2002 – Voraussetzungen - des Gesetzes (BGBl. I S. 42, 2909). Zuletzt geändert durch Art. 13 G. vom 22.12.2020 (BGBl. I S. 3256)

**Sozialrecht**

§ 7 Abs. 1 Nr. 1 u. 2 - achtes Sozialgesetzbuch (SGB VIII) vom 11.09.2012- Begriffsbestimmungen – des Gesetzes (BGBl. I S. 2022). Zuletzt geändert durch Art. 4 G. vom 12.02.2021 (BGBl. I S. 226)

§ 8 Absatz 1 – erstes Sozialgesetzbuch (SGB I) vom 11.12.1975– Kinder- und Jugendhilfe – Artikel 1 des Gesetzes (BGBl. I S. 3015). Zuletzt geändert durch Art. 2 G. vom 15.02.2021 (BGBl. I S. 239)

§ 42 achtes Sozialgesetzbuch (SGB VIII) vom 11.09.2012 – Inobhutnahme von Kindern und Jugendlichen – des Gesetzes (BGBl. I S. 2022). Zuletzt geändert durch Art. 4 G. vom 12.02.2021 (BGBl. I S. 226)

§ 48 Abs. 1 S. 1 zehntes Sozialgesetzbuch (SGB X) vom 18.01.2001- Aufhebung eines Verwaltungsaktes mit Dauerwirkung bei Änderung der Verhältnisse – des Gesetzes (BGBl. I S. 130). Zuletzt geändert durch Art. 5 G. vom 11.02.2021 (BGBl. I S. 154)

§ 62 erstes Sozialgesetzbuch (SGB I) vom 11.12.1975– Untersuchungen - Artikel 1 des Gesetzes (BGBl. I S. 3015). Zuletzt geändert durch Art. 2 G. vom 15.02.2021 (BGBl. I S. 239)

§ 66 erstes Sozialgesetzbuch (SGB I) vom 11.12.1975 – Folgen fehlender Mitwirkung – Artikel 1 des Gesetzes (BGBl. I S. 3015). Zuletzt geändert durch Art. 2 G. vom 15.02.2021 (BGBl. I S. 239)

§ 96 zehntes Sozialgesetzbuch (SGB X) vom 18.01.2001 - Ärztliche Untersuchungen, psychologische Eignungsuntersuchungen – des Gesetzes BGBl. I S. 130. Zuletzt geändert durch Art. 5 G. vom 11.02.2021 (BGBl. I S. 154)

### **Strafrecht**

§ 1 Jugendgerichtsgesetz (JGG) vom 11.12.1974 – Persönlicher und sachlicher Anwendungsbereich - des Gesetzes (BGBl. I S. 3427) Zuletzt geändert durch Art. 1 G. vom 09.12.2019 (BGBl. I S. 2146)

§ 19 Strafgesetzbuch (StGB) vom 13.11.1998- Schuldunfähigkeit des Kindes - des Gesetzes (BGBl. I S. 3322). Zuletzt geändert durch Art. 1 G. vom 10.03.2021 (BGBl. I S. 333)

§ 81a Strafprozessordnung (StPO) vom 07.04.1987 - Körperliche Untersuchung des Beschuldigten; Zulässigkeit körperlicher Eingriffe - des Gesetzes (BGBl. I S. 1074, 1319). Zuletzt geändert durch Art. 3 G. vom 09.03.2021 (BGBl. I S. 327)

§ 271 Strafgesetzbuch (StGB) vom 13.11.1998 – Mittelbare Falschbeurkundung – des Gesetzes BGBl. I S. 3322. Zuletzt geändert durch Art. 1 G. vom 30.03.2021 (BGBl. I S. 441)

§ 263 Strafgesetzbuch (StGB) vom 13.11.1998 – Betrug – des Gesetzes BGBl. I S. 3322. Zuletzt geändert durch Art. 1 G. vom 30.03.2021 (BGBl. I S. 441)

### **Strahlenschutz**

§ 83 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) vom 27.06.2017 - Anwendung ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe am Menschen – des Gesetzes BGBl. I S. 1966 (Nr. 42). Zuletzt geändert durch Art. 9 G. vom 25.02.2021 (BGBl. I S. 306)

§ 119 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vom 29.11.2018 – Rechtfertigende Indikation – des Gesetzes BGBl. I S. 2034, 2036 (Nr. 41). Zuletzt geändert durch Art. 1 V. vom 20.11.2020 (BGBl. I S. 2502)

### **Zivilprozess**

§ 371 Zivilprozessordnung (ZPO) vom 05.12.2005– Beweis durch Augenschein - des Gesetzes BGBl. I S. 3202. Zuletzt geändert durch Art. 8 G. vom 22.12.2020 (BGBl. I S. 3320)

§ 372 Zivilprozessordnung (ZPO) vom 05.12.2005 – Beweisaufnahme - des Gesetzes BGBl. I S. 3202 Zuletzt geändert durch Art. 8 G. vom 22.12.2020 (BGBl. I S. 3320)

§ 402 Zivilprozessordnung (ZPO) vom 05.12.2005 – Anwendbarkeit der Vorschriften für Zeugen - des Gesetzes BGBl. I S: 3202. Zuletzt geändert durch Art. 8 G. vom 22.12.2020 (BGBl. I S. 3320)

## 8 Anhang

### Ergebnisse

Interpretiert wird die Intraklassenkorrelation (ICC) in dieser Studie folgend:

*Tabelle 21: Interpretation ICC nach Koo und Li (175)*

<i>Werte</i>	<i>Interpretation der Übereinstimmung</i>
< 0,5	schwach
0,5 bis 0,75	moderat
0,75 bis 0,9	gut
> 0,9	exzellent

Interpretiert wird Cronbachs Alpha wie folgend:

*Tabelle 22: Interpretation Cronbachs Alpha nach Blanz (176)*

<i>Cronbachs Alpha</i>	<i>Interpretation</i>
> 0,9	Exzellent
> 0,8	Gut / hoch
> 0,7	Akzeptabel
> 0,6	Fragwürdig
> 0,5	Schlecht/ niedrig
< 0,5	Inakzeptabel

## 9 Danksagung

Vorab ein großes Dankeschön an all diejenigen, die mich während der Anfertigung dieser wissenschaftlichen Arbeit unterstützt haben. Eure lieben Worte waren stets motivierend.

Meine Betreuerin, die meine Dissertation betreut hat, gebührt ein von Herzen großes Dankeschön. Sie hat mich in der ganzen Zeit mit guter Laune versorgt und mit Hilfe von wertvollen Anregungen und konstruktiver Kritik bereichert.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Zweitgutachterin für die konstruktive Kritik und die herzliche Zusammenarbeit bei der Erstellung unseres Papers bedanken.

Vielen Dank an meinen Erstgutachter, der mich als Promovierende angenommen hat und meine Dissertation begutachtet.

Zu dem möchte ich mich bei der UM Mainz für die Bereitstellung der Röntgenbilder und die Betreuung als Promovierende bedanken.

Abschließend möchte ich mich bei meinem Partner, meiner Familie und meinen Freunden für die zahlreichen Diskussionen und die liebevolle Unterstützung bedanken.

## 10 Tabellarischer Lebenslauf