

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg
und des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH, Standort Marburg
Geschäftsführender Direktor: Professor Dr. U. Lotzmann

Abteilung für Kieferorthopädie
Leiter: Professor Dr. J.M.H. Dibbets

Gebissentwicklung
Durchbruch der permanenten Zähne in der 2. Wechselphase

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

Dem Fachbereich Medizin der
Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Sönke Dibbern
aus Dortmund

Marburg an der Lahn 2007

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Philipps-Universität Marburg am 22.03.2007

Gedruckt mit freundlicher Genehmigung des Fachbereichs

Dekan:	Professor Dr. B. Maisch
Referent:	Professor Dr. J.M.H. Dibbets
Korreferent:	Professor Dr. K.M. Lehmann

1.	<i>Einleitung</i>	4
1.1	Altersbestimmung in der Kieferorthopädie	4
1.2	Definition von dentaler Reife, dentales Alter, skelettale Reife und skelettales Alter	13
1.3	Gründe für die Bestimmung des physiologischen Alters	14
1.4	Zielsetzung und Arbeitshypothese	14
2.	<i>Probanden und Methode</i>	16
2.1	Probanden	16
2.2	Methoden	17
2.2.1	Bestimmung der ersten Zähne in der 2. Wechselphase	17
2.2.2	Bestimmung der gesamten Anzahl der Zähne in der 2. Wechselphase	18
2.2.3	Vergleich zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Reife	19
2.2.4	Mittelwertvergleich mit einer vorangegangenen Arbeit	20
2.3	Statistische Methoden	20
2.3.1	Signifikanzniveau	20
2.3.2	Mittelwert und Standardabweichung	21
2.3.3	Extremwerte	21
2.4	Auftretende Fehlermöglichkeiten	21
2.4.1	Intraindividuelle Fehler	22
2.4.2	Interindividuelle Fehler	22
2.5	Streudiagramme	22
2.6	Korrelationsberechnung	23
3.	<i>Ergebnisse</i>	24
3.1	Intraindividueller Fehler	24

3.2	Mittelwerte und Standardabweichung	25
3.2.1	Mittelwertvergleich der Geschlechter	26
3.3	Durchbruch des 1. Zahnes in der 2. Wechselphase	27
3.3.1	Durchbruch des 1. Zahnes im Oberkiefer	28
3.3.2	Durchbruch des 1. Zahnes im Unterkiefer	29
3.3.3	Geschlechtsunterschied beim 1. Zahn des Ober- bzw. Unterkiefers	30
3.3.4	Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer beim Jungen	30
3.3.5	Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer beim Mädchen	31
3.4	Altersbestimmung über die Anzahl an in der 2. Wechselphase durchbrechenden bleibenden Zähnen	31
3.4.1	Altersbestimmung bei Jungen	32
3.4.2	Altersbestimmung bei Mädchen	33
3.5	Vergleich zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Reife	34
3.6	Mittelwertvergleich mit einer vorangegangenen Studie	35
3.7	Regression	38
3.7.1	Regressionstabelle beim Jungen	39
3.7.2	Regressionstabelle beim Mädchen	39
4.	<i>Diskussion</i>	40
4.1	Intraindividueller Methodenfehler	40
4.2	Erster Zahn in der 2. Wechselphase	41
4.2.1	Erster Zahn beim Jungen	41
4.2.2	Erster Zahn beim Mädchen	42
4.3	Altersbestimmung über die Anzahl an in der 2. Wechselphase durchbrechenden bleibenden Zähnen	42
4.3.1	Altersbestimmung bei Jungen	44
4.3.2	Altersbestimmung bei Mädchen	47
4.4	Vergleich zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Reife	49
4.5	Mittelwertvergleich mit einer vorangegangenen Studie	50

5.	<i>Zusammenfassung</i>	52
6.	<i>Summary</i>	54
7.	<i>Literaturverzeichnis</i>	56
8.	<i>Anhang</i>	61

1. Einleitung

1.1 Altersbestimmung in der Kieferorthopädie

In der Kieferorthopädie wird nicht nur das chronologische Alter, das durch das Geburtsdatum festgelegt ist, benötigt, sondern es wird auch das physiologische Alter verwendet, welches durch den körperlichen Entwicklungszustand gekennzeichnet wird.

Das physiologische Alter ist für den Kieferorthopäden deshalb so wichtig, weil die Planung, der Behandlungsbeginn, die Therapieart und der Therapieerfolg davon abhängig sind (Schopf, 1984). Das liegt daran, dass die meisten Therapiearten in der Kieferorthopädie das Wachstum des Patienten ausnutzen.

Man kann das Wachstum eines Kindes anhand einer Wachstumskurve darstellen, wobei das Kind verschiedene Wachstumsphasen durchläuft (Björk und Helm, 1967). Am Anfang ist die infantile Periode, die von der Geburt bis zum vierten Lebensjahr reicht. Am Anfang dieser Periode ist die Wachstumsgeschwindigkeit des Kindes sehr hoch, aber sie fällt zur zweiten Periode, der juvenilen Periode, steil ab. Diese Phase geht bis zum elften Lebensjahr. Die nächste Periode ist die Adoleszenz. Hier steigt die Wachstumsgeschwindigkeit wieder bis zu einem Gipfel an, dem Pubertätsmaximum. Ab diesem Zeitpunkt fällt die Wachstumsgeschwindigkeit ab, bis kein weiteres Wachstum mehr zu erwarten ist. Damit fängt dann die adulte Periode an, die etwa ab dem achtzehnten Lebensjahr beginnt. In Abbildung 1 ist die Wachstumskurve aus Björk und Helm (1967) dargestellt.

Den Wachstumsspurt in der Adoleszenz kann man aber nur schwerlich am chronologischen Alter feststellen, da er nicht bei jedem Kind zum gleichen Zeitpunkt beginnt. Hierbei spielen hormonelle Einflüsse eine große Rolle. Daher ist der Zeitpunkt des Wachstumsspurtes zwischen Jungen und Mädchen, aber auch innerhalb eines Geschlechtes, sehr unterschiedlich. Deswegen sollte man die Adoleszenz eher am physiologischen Alter festlegen. Das chronologische Alter kann teilweise stark vom physiologischen Alter abweichen.

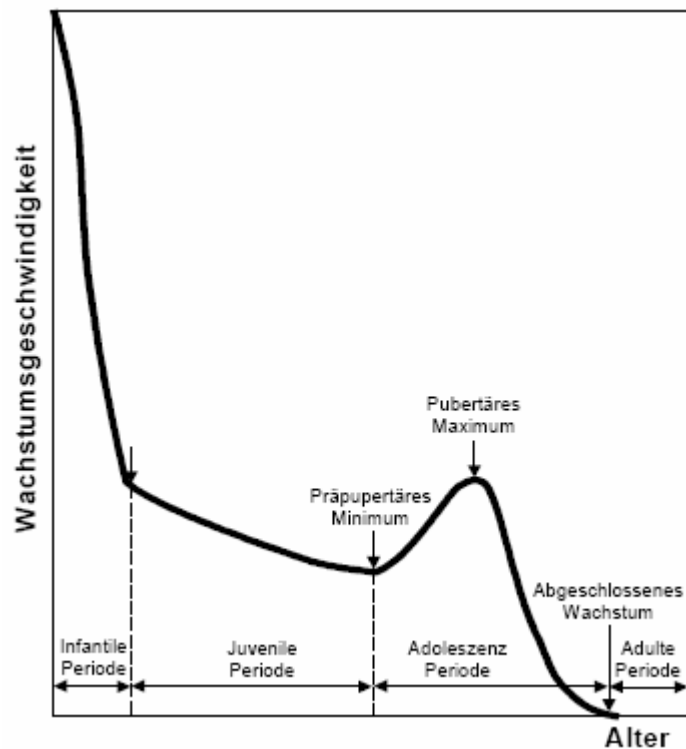


Abbildung 1 Wachstumskurve nach Björk und Helm (1967)

Das physiologische Alter kann in der Kieferorthopädie prinzipiell auf zwei Wegen ermittelt werden. Zum einen über die dentale Reife, die über die Gebissentwicklung definiert wird, und zum anderen über die skelettale Reife, die über den Verknöcherungszustand von bestimmten Knorpeln definiert wird. Bei beiden Wegen gibt es eine Reihe von Methoden die zu einem physiologischen Alter führen, die im Anschluss teilweise kurz dargestellt werden.

Die skelettale Reife kann prinzipiell über zwei Wege ermittelt werden. Zum einen wird der Mineralisationsgrad bestimmter Knochen in der Handwurzelröntgenaufnahme bestimmt. Ein Weg ist die Atlasmethode von Greulich und Pyle (1959), bei der der Mineralisationsgrad des Knochens auf der Handwurzelröntgenaufnahme mit Standardtafeln aus dem Atlas verglichen wird. Diesen Tafeln ist ein skelettales Alter zugewiesen, das sich aus der von Greulich und Pyle untersuchten Population ergab.

Ein anderer Weg um eine Aussage über die skelettalen Reife zu machen ist, die Form der Halswirbelkörper auf der Fernröntgenseitenaufnahme zu beurteilen. Pancherz und Szyska (2000) beziehen sich in ihrer Arbeit auf die Form des dritten Halswirbelkörpers, der in seiner skelettalen Entwicklung von einer Trapezform über eine quadratische Form und dann in eine

rechteckige Form übergeht. Diese Wirbelkörperanalyse geht auf die Methode von Hassel und Fahrman (1995) zurück. Die ersten Untersuchungen, ob die Halswirbelkörper zur Bestimmung der skelettalen Reife herangezogen werden können, machte Lamparski (1972). Die Abbildung 3 zeigt die schematische Darstellung des Wirbelkörpers in seinen sechs Entwicklungsstadien.

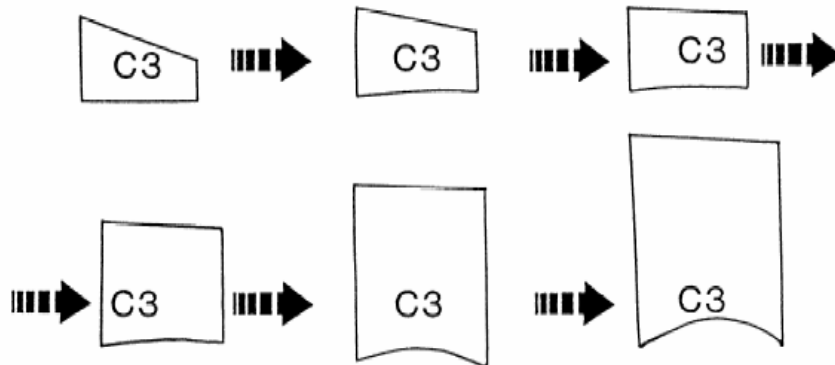


Abbildung 3 Schematische Darstellung der sechs Entwicklungsstadien des Halswirbelkörpers C3 nach Hassel und Fahrman (1995)

Die dentale Reife kann ebenfalls prinzipiell über zwei Wege bestimmt werden. Zum einen bedient man sich dem Mineralisationsgrad der bleibenden Zähne, die in ihrer Entwicklung einen kontinuierlichen Prozess durchmachen. Seit man die Röntgenstrahlen für die Zahnmedizin entdeckt hat, kann man den Mineralisationsgrad der bleibenden Zähne beurteilen und nach bestimmten Gesichtspunkten unterteilen. Die Grundlage dieser Einteilung stützt sich auf die Methode von Nolla (1960), die eine einfache, für den Zahnarzt schnell durchzuführende, Prozedur entwickelte, den Mineralisationsgrad der Zähne zu differenzieren und daraus eine Aussage über die dentale Reife zu machen. Dazu formulierte sie zehn Kalzifizierungsstadien und alle bleibenden Zähne von allen 4 Quadranten aus dem Röntgenbild wurden damit verglichen. Den Stadien wurden bestimmte Zahlen zugeordnet und der Summe der Zahlen wurde ein bestimmtes dentales Alter zugewiesen.

Diese Methode wurde später von Lilliequist und Lundberg (1971) aufgegriffen und vereinfacht, indem sie nur acht Mineralisationsstadien formulierten und auch versuchten, die Anzahl der Röntgenbilder zu vermindern. Aus ihrer Studie ergab sich, dass man nicht in allen Quadranten das Mineralisationsstadium untersuchen musste, sondern dass es ausreichte, nur einen Quadranten im Unterkiefer auszuwerten, um auf die dentale Reife zu schließen.

Heute wird in der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik Marburg ein Modell angewandt, das sich aus Komponenten mehrerer Methoden zusammensetzt. Es geht, wie bei Nolla (1960), auf die Mineralisierung der bleibenden Zähne zurück, die im Röntgenbild (der Panoramaschichtaufnahme) beurteilt wird. Es besitzt acht Kalzifizierungsstadien wie bei Demirjian et al. (1973), die von Prahl-Andersen und van der Linden (1972) zeichnerisch klar dargestellt wurden (Abbildung 2). Außerdem werden nur die Zähne in einem Unterkieferquadranten beurteilt, wie bei Lilliequist und Lundberg (1971). Allerdings wird in der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik Marburg nicht der dritte, sondern der vierte Quadrant ausgewertet und nur wenn ein Zahn im vierten Quadranten nicht vorhanden oder nicht ausreichend sichtbar ist, weicht man auf den dritten aus.

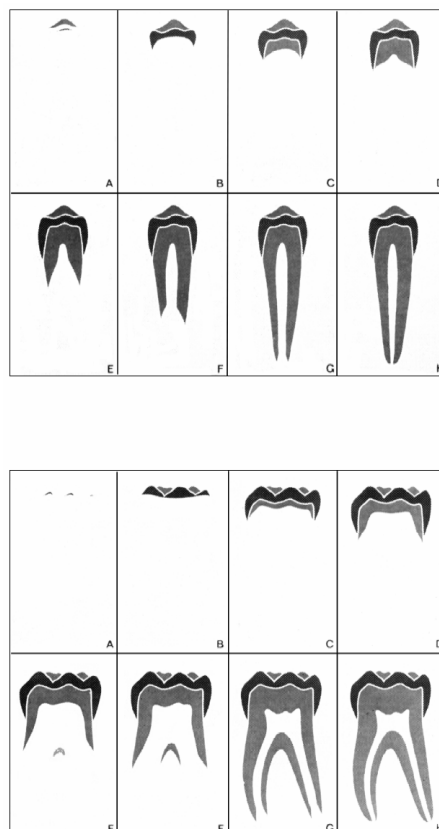


Abbildung 2 Mineralisationsstadien von Prahl-Andersen und van der Linden (1972)

Ein anderer Weg, die dentale Reife zu bestimmen, ist das Zählen der durch die Schleimhaut durchgebrochenen Zähne. Dieser Weg ist natürlich der einfachere und der Patient wird keiner Röntgenstrahlung ausgesetzt. Hierfür werden alle Zähne der bleibenden Dentition gezählt und jedem Zahlenwert wird später ein chronologisches Alter zugewiesen.

Auf diese Art und Weise konnte man schon früher das physiologische Alter von Kinder und Jugendlichen bestimmen, so stellt Dietlein (1895) in einer Untersuchung von 7500 Kindern und Erwachsenen eine Tabelle mit den mittleren Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne auf. Hier wurde deutlich, dass der Durchbruch der Zähne nicht komplett linear abläuft, sondern sich in bestimmte Entwicklungsstadien unterteilen lässt.

In einer Studie von Berten (1895), bei der er 3345 Kinder im Alter zwischen 5,5 und 13,5 Jahren untersuchte und dabei zwischen Jungen und Mädchen unterschied, wird gezeigt, dass die Mädchen sowohl in ihrer ganzen Entwicklung, als auch in der Zahnentwicklung früher sind als die Jungen. Berten stellte eine Durchbruchsreihenfolge der bleibenden Zähne mit Hilfe einer Tabelle auf, in der zwischen Ober- und Unterkiefer, zwischen rechter und linker Kieferhälfte und zwischen Jungen und Mädchen getrennt wurde. In der Tabelle erkennt man, dass es zwei Stadien der Entwicklung bei den bleibenden Zähnen gibt. Als erstes treten die beiden Schneidezähne und der erste Molar durch, danach die Prämolaren, der Eckzahn und der zweite Molar.

Hellmann (1923) untersucht in seiner Studie 2250 Kinder aus Nordamerika, wobei er nach Ober- und Unterkiefer und Geschlecht unterscheidet. Außerdem versucht er den sozialen Einfluss auf die Durchbruchzeiten zu untersuchen indem er 1250 Kinder aus dem Waisenhaus, als die vermeintlich sozial ärmeren, und 1000 Kinder aus einer Privatpraxis, als die vermeintlich sozial günstiger gestellten, auswählte. Auch Hellmann beobachtet bei Mädchen einen früheren Durchbruch der Zähne. Bei den Jungen treten die Schneidezähne und die Eckzähne bei den ärmeren Kindern früher durch, bei den anderen Zähnen später. Bei den ärmeren Mädchen treten ebenfalls die Schneidezähne, der untere erste Prämolare und der obere erste Molar früher durch als bei den reichen. Die Ursache sieht Hellmann bei der besseren Ernährung der gutsituierteren Kinder.

Auch Korkhaus (1929) teilt die Gebissentwicklung in zwei Teilbereiche, im ersten Abschnitt, dem frühen Wechselgebiss, treten die Schneidezähne und die ersten Molaren durch und im zweiten Abschnitt, dem späten Wechselgebiss, treten die Eckzähne, die Prämolaren und die zweiten Molaren durch. Da im Alter und auch in der Anlage der dritten Molaren eine große Bandbreite festgestellt wurde, wird er nicht in die Dentitionstabelle mit aufgenommen.

In einer Dissertation von Cotte (1935) über die Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne werden 2054 Jungen und Mädchen untersucht. Festgestellt wurden das Alter, die vorhandenen bleibenden Zähne und das jeweilige Geschlecht. Interessant an der Arbeit ist, dass es 36 Jahre zuvor in der gleichen Region, nämlich südlich des Harzes, eine ähnliche Untersuchung von Röse (1909) gab. Cotte vergleicht seine Ergebnisse mit denen von Röse und stellt fest, dass die bleibenden Zähne im Jahre 1935 durchschnittlich 4,1 Monate vor den Zähnen von 1909 durchbrechen. Die gesamte Wechselphase der permanenten Zähne verkürzt sich um 4 Monate.

Dahlberg und Maunsbach (1948) untersuchten 3067 Jungen und 2963 Mädchen im Alter zwischen 6,5 und 15 Jahren aus Schweden. Die Untersuchung der einzelnen Kinder wurde von Polikliniken aus Schweden übernommen und archiviert. Man erkennt genau wie bei den vorherigen Untersuchungen, dass die Mädchen früher die permanenten Zähne bekommen als die Jungen. Die mittleren Durchbruchzeiten der zweiten Wechselphase liegen bei den Jungen zwischen 10,1 Jahren und 12,5 Jahren, bei den Mädchen zwischen 9,7 Jahren und 12 Jahren. Dahlberg und Maunsbach betrachten in ihrer Untersuchung Ober- und Unterkiefer getrennt, aber sie unterscheiden nicht zwischen rechter und linker Kieferhälfte.

Clements et al. (1953) untersuchten in ihrer Studie 1427 Jungen und 1365 Mädchen zwischen 5 Jahren und 13 Jahren aus Birmingham. Sie bestimmten die Durchbruchsunterschiede der permanenten Zähne zwischen Jungen und Mädchen, sowie den Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer und den Unterschied zwischen rechter und linker Kieferhälfte. Die Durchbruchzeiten bei den Mädchen waren früher als die Zeiten bei den Jungen. Es konnte weder gezeigt werden, dass die Zähne im Oberkiefer immer vor den Zähnen im Unterkiefer durchbrechen, noch dass die oberen Zähne immer nach den Unteren durchbrechen. Auch wurde keine Regelmäßigkeit in der Durchbruchsreihenfolge zwischen rechter und linker Kieferhälfte, insofern dass immer rechts vor links oder immer links vor rechts durchbricht, gefunden.

Auch Carlos und Gittelsohn (1965) untersuchten in ihrer Studie von knapp 16000 Jungen und Mädchen aus New York den Zahndurchbruchsunterschied zwischen Jungen und Mädchen, zwischen Ober- und Unterkiefer und zwischen rechter und linker Kieferhälfte. Bei den Mädchen waren die Durchbruchzeiten wieder früher als bei den Jungs und zwischen rechter und linker Kieferhälfte war der Zahndurchbruch praktisch gleich. Ihre Studie zeigte aber, dass

die Unterkieferzähne, bis auf den ersten Prämolare bei Jungen und Mädchen und den zweiten Prämolare beim Jungen, immer vor den Zähnen aus dem Oberkiefer durch die Schleimhaut in die Mundhöhle durchtreten.

Filipsson (1975) erkannte in seiner Untersuchung mit 270 Kindern, dass die Zahndurchbruchskurven immer ähnlich zu verlaufen scheinen. Er versuchte zu zeigen, dass die Kurven für alle Menschen nahezu parallel sind. Bei einer linearen Einteilung der x-Achse (Alter in Jahren) und y-Achse (Anzahl der durchgebrochenen permanenten Zähne), waren die einzelnen Graphen nicht parallel, und damit auch schwer zu vergleichen. Aus diesem Grund wählte Filipsson eine logarithmische Darstellung der x-Achse, wodurch alle Zahndurchbruchskurven ein Plateau bei der 2. Ruhephase nach zwölf neuen permanenten Zähnen aufzeigten. Mit diesem Referenzpunkt konnte er die Kurven vergleichen.

Moorrees und Kent (1978) erkannte, dass die Zahndurchbruchskurve von Filipsson einem gewissen Treppennmuster folgte und prägte so den Begriff der „Step Function“. Auch er unterschied zwischen den frühen und dem späten Wechselgebiss und zeigte, dass sich zwischen den Phasen eine Ruhephase befand. Moorrees untersuchte das Modell an Zwillingen und versuchte mit der Zahnzahl eine Aussage über den Entwicklungszeitpunkt der Zähne zu machen. Mit Hilfe dieses Modells konnte man mit dem dentalen Alter eine ungefähre Aussage über die dentale Reife machen.

In der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik Marburg wird ein ähnliches Modell verwendet. Man unterteilt die Gebissentwicklung in fünf gleichgroße Stadien à 2,5 Jahre, wobei das erste Stadium die Entwicklung der Milchzähne, das zweite eine Ruhephase, das dritte der Wechsel der Frontzähnen und Entwicklung des ersten Molaren, das vierte wieder eine Ruhephase und das fünfte den Wechsel der Eckzähne, Prämolaren und der zweiten Molaren beinhaltet (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Gebissentwicklungsphasen nach Dibbets (2005)

Bis 2,5 Jahre	Durchbruch des Milchgebisses
2,5 bis 5 Jahre	Erste Ruhephase
5 bis 7,5 Jahre	Erste Wechselphase (Durchbruch der ersten Molaren und der Frontzähne)
7,5 bis 10 Jahre	Zweite Ruhephase
10 bis 12,5 Jahre	Zweite Wechselphase (Durchbruch der Eckzähne, Prämolaren und zweiten Molaren)

Um ein Kind in eines der fünf Stadien einzuteilen, kann man auf zwei verschiedenen Wegen vorgehen. Entweder man nimmt das chronologische Alter des Kindes und stuft es so in die verschiedenen Stadien ein, oder man zählt die Milchzähne respektive die bleibenden Zähne in der Mundhöhle des Kindes. Da in der ersten Phase null bis zwanzig Milchzähne vorhanden sind, in der zweiten Phase zwanzig Milchzähne, in der dritten ein bis zwölf bleibende Zähne, in der vierten zwölf bleibende Zähne und in der fünften Phase dreizehn bis 28 bleibende Zähne vorhanden sind, kann man die gezählte Zahnzahl einem der fünf Stadien zuordnen. Damit kann man dann eine Aussage über das dentale Alter des Patienten machen.

In der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik Marburg wird das Kind über die Zahnzahl einem der fünf Stadien zugeordnet. Da die einzelnen Phasen 30 Monate dauern und in der ersten Wechselphase zwölf Zähne wechseln, bricht ungefähr alle 2 ½ Monate ein Zahn durch. In der zweiten Wechselphase brechen sechzehn Zähne durch, daher ergibt sich ein Rhythmus von 1,9 Monaten pro Zahn. Damit das System in dem täglichen Gebrauch zum Einsatz kommen kann, wurde ein ungefährender Wert von 2 Monate pro Zahn festgelegt. Mit dieser Rechnung kann man einen schnellen Überblick über das dentale Alter eines Kindes, innerhalb eines Stadiums, bekommen.

Da festgestellt wurde, dass Mädchen früher als die Jungen in die zweite Wechselphase eintreten (z.B. Filipsson 1975, Moorrees und Kent 1978), wurde die zweite Wechselphase korrigiert. Für Mädchen beginnt es mit 9,5 Jahren und endet mit 12 Jahren, bei den Jungen beginnt es mit 10,5 Jahren und endet mit 13 Jahren. (Dibbets 2005)

Natürlich gibt es bei der Bestimmung der dentalen Reife Faktoren, die diese beeinflussen. So zeigte eine Untersuchung von Unglaube (1924), dass eine Extraktion von kariösen Zähnen eine Durchbruchsstimulanz für die bleibenden Zähne darstellt. Hellmann (1923) und Dietlein (1895) stellten fest, dass es eine Diskrepanz bei den Durchbruchzeiten zwischen „ärmeren“ und „wohlhabenden“ Kindern gibt. Auch die Zahnkeime und damit die Mineralisationsgrade der Zähne können zum Beispiel durch ein Zahntraumata auf die Milchzähne, bei einer Luxation nach zentral, geschädigt werden.

1.2 Definition von dentaler Reife, dentales Alter, skelettale Reife und skelettales Alter

In dieser Studie werden die Begriffe dentale Reife, dentales Alter, skelettale Reife und skelettales Alter wie folgt definiert und auch im Weiteren so angewendet.

Dentale Reife: Der Begriff dentale Reife ist in dieser Studie als die Anzahl der durchbrechenden Zähne in der 2. Wechselphase zu verstehen und wird als Summenform ausgedrückt.

Dentales Alter: Bei dem Begriff dentales Alter wird der dentalen Reife aufgrund dieser Untersuchung von ca. 1400 Modellen ein durchschnittliches chronologisches Alter zugewiesen. Dieser Durchschnittswert muss nicht zwangsläufig für alle Populationen gelten, sondern er wurde nur für die ausgewerteten Modelle definiert. Er sollte aber nicht in zu großer Weise von den Werten anderer Populationen abweichen.

Skelettale Reife: Der Begriff skelettale Reife beschreibt in dieser Studie den Mineralisationszustand der Knochen, entweder bei den Handknochen auf der Handwurzelröntgenaufnahme nach Greulich und Pyle (1959), oder dem dritten Halswirbelkörper auf der Fernröntgenseitenaufnahme nach Hassel und Fahrman (1995).

Skelettales Alter: Bei dem Begriff skelettales Alter wird der skelettalen Reife ein chronologisches Alter anhand einer Normtabelle von Greulich und Pyle (1959) zugewiesen. Dieser ist auch wieder nur für die von Greulich und Pyle untersuchte Population gültig und muss erst auf die Gültigkeit in anderen Populationen überprüft werden. Für das Patientengut in Nord- und Mittelhessen wurde das von Drücke (2003) geprüft und es wurde herausgefunden, dass man das selbe skelettale Alter wie Greulich und Pyle benutzen kann.

1.3 Gründe für die Bestimmung des physiologischen Alters

Das physiologische Alter wird prinzipiell aus zwei Gründen bestimmt. Zum Ersten für die Planung und die Art der Therapie in der Kieferorthopädie. Das liegt daran, dass nur die Kenntnis über den Wachstumsprozess auch eine gezielte Wachstumssteuerung erlaubt, um Gebissanomalien oder Dysgnathien rechtzeitig zu beheben. Dafür ist nicht nur der Vergleich zwischen dem physiologischem und dem chronologischen Alter nötig, sondern auch der Vergleich zwischen der dentalen und skelettalen Reife, weil dieser Unterschied häufig Dysgnathien hervorruft.

Zum Zweiten ist es wichtig das physiologische Alter zu bestimmen, wenn man keine Aussagen über das chronologische Alter machen kann. Bei Straftaten mit nicht identifizierbaren Kindern kann man vom physiologischen Alter der Kinder auf das ungefähre chronologische Alter schließen.

1.4 Zielsetzung und Arbeitshypothese

Die Arbeitshypothese dieser Studie war, dass in der 2. Wechselphase, die ungefähr 30 Monate dauern soll, insgesamt 16 Zähne durchbrechen, woraus sich eine Verteilung von ca. 2 Monaten pro Zahn ergab (Dibbets, 2005). Damit kann man, ohne das chronologische Alter des Patienten zu kennen, mit Hilfe der dentalen Reife eine ungefähre Aussage über das dentale Alter des Patienten machen, aber auch umgekehrt ist es möglich mit Hilfe des chronologischen Alters, welches man genau kennt, eine Aussage über die voraussichtliche dentale Reife zu machen.

Des Weiteren geht man davon aus, dass sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen nach Korkhaus (1929), Nyström et al. (2001) und Wedl et al. (2004) im Oberkiefer der erste Prämolare und im Unterkiefer der Eckzahn als erster Zahn in der 2. Wechselphase in die Mundhöhle durchtritt.

Diese Daten werden in dieser Studie darauf hin überprüft, ob sie auch für das Patientengut der kieferorthopädischen Abteilungen der Universitätskliniken Marburg und Gießen zutreffen.

Die Arbeitshypothesen dieser Untersuchung lauten, dass man aus der Anzahl der durchgebrochenen permanenten Zähne das dentale Alter bestimmen kann, und dass es beim Durchbruch der permanenten Zähne einen zeitlichen Unterschied zwischen dem männlichen und dem weiblichen Geschlecht gibt. Des Weiteren gehen wir davon aus, dass im Oberkiefer der erste Prämolare und im Unterkiefer der Eckzahn der erste Zahn der zweiten Wechselphase ist. Hier erwarten wir keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern.

2. Probanden und Methode

2.1 Probanden

Aus den Archiven der kieferorthopädischen Abteilungen der Universitätskliniken Marburg und Gießen wurden insgesamt 1485 Modelle entnommen (Tabelle 2). Von diesen Modellen wurden jeweils das Geschlecht, das Geburtsdatum und das Modelldatum dokumentiert. Aus der Differenz zwischen dem Geburtsdatum und dem Modelldatum konnte das Alter des Patienten am Tag der Modellherstellung errechnet werden.

Tabelle 2 Anzahl der männlichen und weiblichen Probanden getrennt nach den Archiven aus Marburg und Gießen

		Quelle		
		Marburg	Gießen	Gesamt
Geschlecht	M	475	211	686
	W	547	252	799
Gesamt		1022	463	1485

Außerdem wurde die Anzahl an neuen Zähnen in der 2. Wechselphase und, wenn möglich, der Zahn ermittelt, der als erster in der 2. Wechselphase durchgetreten ist.

Die 2. Wechselphase ist bei Kindern der Zeitraum, wenn die bleibenden Eckzähne, Prämolaren und die zweiten Molaren neu in die Mundhöhle eintreten. In dieser Phase treten also pro Kieferquadrant vier Zähne durch.

Die Modelle wurden nach folgenden Einschluss - Kriterien ausgewählt. So musste die Stützzone mindestens neunzehn Millimeter betragen und das Gebiss musste sich in der 2. Wechselphase befinden. Die Stützzone ist definiert als die Zone zwischen dem seitlichen Schneidezahn und dem 1. bleibenden Molaren. Des Weiteren durften keine Nichtanlage und keine größere Karies vorhanden sein.

In dieser Untersuchung wurde darauf verzichtet, die Weisheitszähne mit aufzunehmen, da diese mit sehr großer zeitlicher Differenz in die Mundhöhle durchtreten. Daher wurde festgelegt, dass der sechzehnte Zahn in der 2. Wechselphase, meistens der zweite Molar, sich gerade im Durchbruch befinden durfte. Das heißt, dass sich der Zahn noch nicht in der Okklusionsebene befinden durfte.

Das Gebiss von dem Probanden sollte ferner auf den ersten Blick einer normalen Entwicklung folgen.

2.2 Methoden

2.2.1 Bestimmung der ersten Zähne in der 2. Wechselphase

Zuerst wurde ermittelt welcher Zahn, sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer, in der 2. Wechselphase als erster durchgebrochen war. In die Untersuchungsergebnisse wurde das aber nur aufgenommen, wenn es auch mit ausreichender Sicherheit bestimmt werden konnte.

Dies war der Fall, wenn nur ein Zahn pro Kiefer durchgebrochen war oder aber, wenn schon zwei oder mehrere Zähne durchgebrochen waren, es einen sichtbaren zeitlichen Unterschied des Durchbruches gab. Das heißt, wenn mehrere Zähne aus der 2. Wechselphase bereits durchgetreten waren, und sie einen deutlichen Unterschied in ihrer Höhe zur Okklusionskurve hatten (der Unterschied sollte mindestens 2 mm betragen), kann man mit großer Wahrscheinlichkeit sagen, dass derjenige Zahn, der der Okklusionskurve am nächsten kommt, als erstes durchgebrochen ist (Häufigkeitsverteilung in Tabelle 3).

Wenn der Unterschied zwischen den einzelnen Zähnen aber geringer als 2 mm war, wurde nicht angegeben, welcher Zahn als erster durchgebrochen war.

Tabelle 3 Häufigkeit, wie oft der als erstes durchgebrochene Zahn ermittelt werden konnte

	Häufigkeit	Prozent
1. Zahn im Oberkiefer feststellbar	395	26,6
1. Zahn im Oberkiefer nicht feststellbar	1090	73,4
Gesamt	1485	100,0

	Häufigkeit	Prozent
1. Zahn im Unterkiefer feststellbar	331	22,3
1. Zahn im Unterkiefer nicht feststellbar	1154	77,7
Gesamt	1485	100,0

2.2.2 Bestimmung der gesamten Anzahl der Zähne in der 2. Wechselphase

Nach der Bestimmung des ersten Zahnes wurden nun alle Zähne gezählt, die in der 2. Wechselphase neu durchgebrochen waren. Hierbei wurde getrennt zwischen Oberkiefer und Unterkiefer. Als durchgebrochen zählt ein Zahn, der mit irgendeinem Anteil der Krone die Schleimhautdecke perforiert hat. Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Anzahl der männlichen und weiblichen Probanden pro Gesamtzahl der durchgebrochenen Zähne in der 2. Wechselphase.

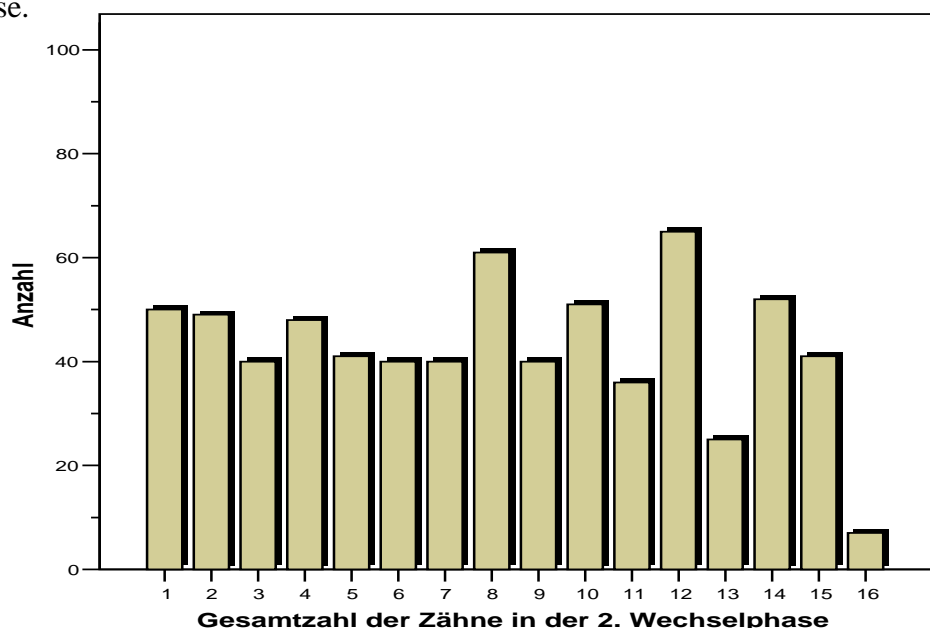


Abbildung 4 Anzahl der männlichen Probanden pro Gesamtzahl der Zähne

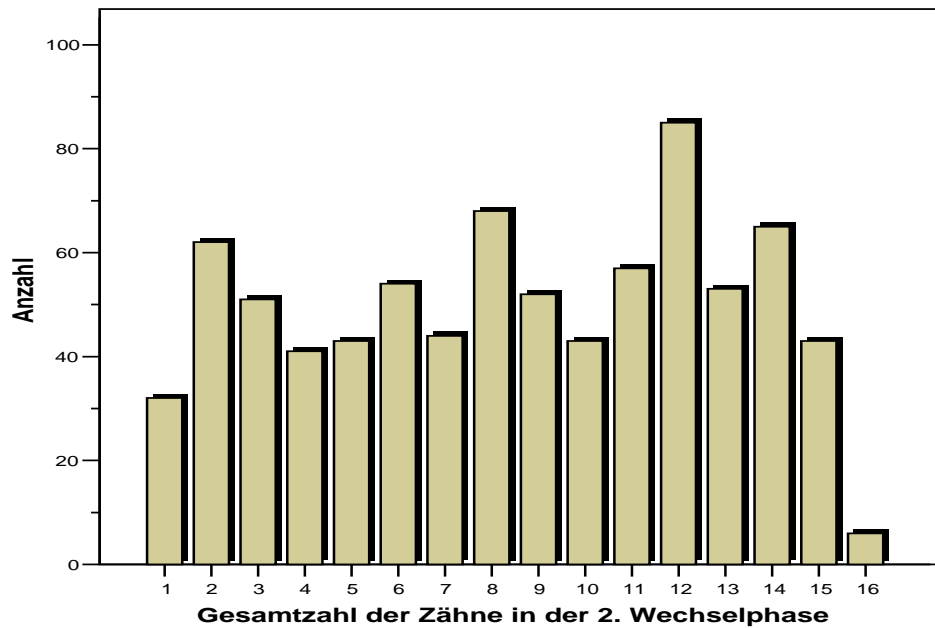


Abbildung 5 Anzahl der weiblichen Probanden pro Gesamtzahl der Zähne

2.2.3 Vergleich zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Reife

In einer Studie von Drücke (2003) wurde das skelettale Alter der Probanden mit Hilfe der Atlasmethode nach Greulich und Pyle (1959) bestimmt. Mit Hilfe ihrer Doktorarbeit, in der sie teilweise die selbe Datenquelle benutzte wie in dieser Arbeit, konnte die skelettale Reife von insgesamt 293 Probanden ermittelt werden. Die Gesamtzahl verteilte sich auf $N = 131$ bei den männlichen und $N = 162$ bei den weiblichen Probanden.

Es galt herauszufinden, ob skelettal frühreife, beziehungsweise spät entwickelte Kinder auch dental frühreif respektive spät entwickelt sind. Hierzu wurde eine Korrelation zwischen dem chronologischen Alter, der skelettalen Reife und der Gesamtzahl der neuen Zähne in der zweiten Wechselphase errechnet.

2.2.4 Mittelwertvergleich mit einer vorangegangenen Arbeit

Wenzel (2006) untersuchte Gebissmodelle aus dem Archiv der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik Marburg auf die Zahnzahl in der zweiten Wechselphase hin. Das Untersuchungsmaterial dieser Untersuchung und der von Wenzel (2006) war teilweise identisch, aber die Auswahlkriterien waren in dieser Studie strenger. Die wesentlichen Unterschiede zu den Auswahlkriterien von Wenzel (2006) waren die Forderung nach einer Stützzonenlänge von mindestens 19 mm und das keine nicht angelegten Zähne vorhanden waren.

Es sollte untersucht werden, ob diese strengeren Einschluss - Kriterien einen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten von Wenzel (2006) und den Mittelwerten aus dieser Studie ergeben haben. Dazu wurden die Mittelwerte beider Studien graphisch dargestellt und mittels des Student T-Test überprüft.

2.3 Statistische Methoden

Zur statistischen Auswertung wurde das Computerprogramm SPSS Version 12.0 für Windows benutzt. Alle Berechnungen und Diagramme und Tabellen wurden mit Hilfe dieses Programms erstellt.

2.3.1 Signifikanzniveau

Als Signifikanzniveau wurde ein Wert von $\alpha = 0,05$ festgelegt. Damit sind alle Werte mit $p \leq 0,05$ signifikant.

2.3.2 Mittelwert und Standardabweichung

Aus den Untersuchungen wurden für jeden möglichen Wert der Variablen „Anzahl von Zähnen“ ein Mittelwert, ein Medianwert und eine Standardabweichung vom chronologischen Alter bestimmt.

Dieses wurde getrennt sowohl für Jungen, als auch für Mädchen ermittelt.

2.3.3 Extremwerte

Extremwerte sind Werte, die entweder sehr groß oder sehr klein im Vergleich zu den restlichen Werten sind. Diese wirken sich stark auf das arithmetische Mittel aus. Bei unserer Untersuchung legten wir fest, dass alle Werte, die mehr als die dreifache Standardabweichung vom arithmetischen Mittel des chronologischen Alters entfernt waren, als Extremwerte gelten. Das gesamte Datenmaterial wurde auf Extremwerte hin überprüft. Alle Werte, die mehr als die dreifache Standardabweichung vom arithmetischen Mittel entfernt waren, wurden aus den nachfolgenden Berechnungen ausgeschlossen. Nach der Durchsicht auf Extremwerte wurden zwei Fälle aus den Berechnungen gestrichen. Vorher wurde sichergestellt, dass es sich hier nicht um einen Fehler seitens des Untersuchers handelte.

In allen Tabellen und Grafiken sind die beiden Extremwerte bereits entfernt.

2.4 Auftretende Fehlermöglichkeiten

Bei Messungen einer Zielgröße unter gleichen Bedingungen bei nur einem Untersucher, der die Messung vornimmt, kommen unterschiedliche Ergebnisse vor. Dies sind zufällige Fehler und bei diesen Voraussetzungen nennt man sie intraindividuelle Fehler.

Bei der Messung einer Zielgröße unter gleichen Bedingungen bei mehreren Untersuchern, die die Messung vornehmen, kommen auch unterschiedliche Ergebnisse vor. Diese Fehler nennt man interindividuelle Fehler.

2.4.1 Intraindividuelle Fehler

Um den intraindividuellen Fehler zu ermitteln, wurden Modelle von 25 Mädchen und 25 Jungen nach dem Zufallsprinzip aus dem Archiv der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik Marburg ausgewählt, ein weiteres mal gesichtet und die Daten erfasst. Dies wurde nach einer Zeit von zwei Wochen durchgeführt, so dass man sich nicht mehr an die alten Ergebnisse erinnern konnte. Hieraus ergab sich eine Kreuztabelle zwischen der ersten Sichtung und der zweiten Sichtung.

2.4.2 Interindividuelle Fehler

Da das Versuchsdesign bei unserer Untersuchung sehr einfach gehalten wurde und bei der intraindividuellen Fehleranalyse kaum Fehler aufgetreten sind und es auch bei der ersten Sichtung nur wenige zweideutige Fälle gab, wurde auf die interindividuelle Fehleranalyse verzichtet.

2.5 Streudiagramme

Streudiagramme sind zweidimensionale Grafiken, die die Möglichkeit bieten bei Vorliegen von verbundenen Beobachtungen zweier Merkmale, diese in einem Koordinatensystem darzustellen.

Es wurden Streudiagramme erstellt, bei denen die Variable „Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase“ gegen die Variable „Alter der Probanden“ getrennt nach dem Geschlecht aufgetragen wurde.

2.6 Korrelationsberechnung

Um die Abhängigkeit zweier Werte zu untersuchen, berechnet man den Korrelationskoeffizienten, um zu sehen, ob die beiden Werte wirklich in Abhängigkeit stehen. Der Korrelationskoeffizient „r“ kann Werte zwischen +1 und -1 annehmen. Wenn der r-Wert sich gegen +1 nähert bedeutet das, dass sich die Punktwolke aus dem Streudiagramm nahezu auf der Regressionsgeraden befindet und diese eine positive Steigung besitzt. Dasselbe gilt für einen r-Wert, der gegen -1 geht, nur ist die Steigung dann negativ. Bei einem Korrelationskoeffizient von 0 besteht keine Korrelation zwischen den beiden Werten.

In dieser Studie wurden Regressionen und Korrelationen für den Zusammenhang der Variablen „Alter in Jahren“ und „Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase“ getrennt für Jungen und Mädchen berechnet.

Die Ergebnisse beziehen sich nur auf Nord- und Mittelhessen, da die Modelle aus den kieferorthopädischen Archiven der Universitätskliniken von Marburg und Gießen stammen.

3. Ergebnisse

3.1 Intraindividueller Fehler

Der intraindividuelle Fehler wurde ermittelt, indem 25 Modelle von Jungen und 25 Modelle von Mädchen vom gleichen Untersucher doppelt beurteilt wurden. Zwischen den Untersuchungen lag eine Zeitspanne von zwei Wochen. Unter diesen 50 Modellen befanden sich 10 Modelle, bei denen man den ersten Zahn im Oberkiefer und 8 Modelle, bei denen man den ersten Zahn im Unterkiefer in der zweiten Wechselphase ermitteln konnte.

Die Ergebnisse wurden mit denen der ersten Untersuchung verglichen und in tabellarischer Form aufgeschrieben. In Tabelle 4 wurden die Übereinstimmungen und Abweichungen in Relation zur Anzahl der Probanden dargestellt.

Tabelle 4 Intraindividueller Fehler
Prozentuale und absolute (in Klammern) Übereinstimmung und Abweichung

	Anzahl	Übereinstimmung	Abweichung
1. Zahn im Oberkiefer	10	100% (10)	0% (0)
1. Zahn im Unterkiefer	8	100% (8)	0% (0)
Gesamtzahl im Oberkiefer	50	98% (49)	2% (1)
Gesamtzahl im Unterkiefer	50	98% (49)	2% (1)

Bei der Gesamtzahl im Oberkiefer und im Unterkiefer wurde bei der zweiten Durchsicht jeweils bei einem Probanden ein Zahn mehr gezählt als bei der ersten Durchsicht.

3.2 Mittelwerte und Standardabweichung

In den Tabellen 5 und 6 sind die Mittelwerte, Medianwerte, Standardabweichungen und dreifache Standardabweichungen für das chronologische Alter getrennt zwischen Jungen und Mädchen aufgeführt.

Die Werte wurden jeweils für jede mögliche Anzahl an durchgebrochenen Zähnen in der 2. Wechselphase berechnet. Die Zahlen hinter dem Komma sind die Anzahl der Monate umgerechnet in Dezimalzahlen.

Tabelle 5 Mittelwerte, Medianwerte, Standardabweichungen und dreifache Standardabweichungen für das chronologische Alter in Jahren bei Jungen

		Gültige N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Dreifache Standardabweichung
Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase	1	50	10,61	10,50	0,96	2,88
	2	49	10,46	10,58	0,89	2,67
	3	40	10,76	10,86	0,85	2,55
	4	48	10,86	10,87	0,83	2,49
	5	41	10,83	10,80	0,93	2,79
	6	40	10,80	10,61	0,79	2,37
	7	40	11,17	11,11	0,90	2,70
	8	61	11,17	11,28	0,99	2,97
	9	40	11,32	11,27	0,96	2,88
	10	51	11,27	11,23	0,93	2,79
	11	36	11,58	11,24	1,02	3,06
	12	65	11,65	11,51	1,07	3,21
	13	25	12,25	12,08	0,84	2,52
	14	52	12,19	12,03	1,22	3,66
	15	41	12,19	12,05	1,22	3,66
	16	7	12,43	12,04	0,92	2,76

In der Tabelle 5 kann man erkennen, dass der Zahnwechsel in der 2. Wechselphase durchschnittlich mit 10,6 Jahren beginnt und mit ca. 12,2 Jahren abgeschlossen ist. Die Mittelwerte und Medianwerte steigen zwar nicht monoton, aber man kann schon eine lineare Abhängigkeit zwischen der Zahnzahl und dem Alter erkennen. Hierbei sollte der 16te Zahn aufgrund der kleinen Anzahl von Modellen außer Betracht gelassen werden.

Tabelle 6 Mittelwerte, Medianwerte, Standardabweichungen und dreifache Standardabweichungen für das chronologische Alter in Jahren bei Mädchen

		Gültige N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Dreifache Standardabweichung
Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase	1	32	10,18	10,11	0,86	2,58
	2	62	10,17	10,16	0,78	2,34
	3	51	10,34	10,32	0,92	2,76
	4	41	10,28	10,26	0,68	2,04
	5	43	10,64	10,51	1,09	3,27
	6	54	10,57	10,44	0,95	2,85
	7	44	10,57	10,54	1,17	3,51
	8	68	10,83	10,87	0,93	2,79
	9	52	10,97	10,87	0,88	2,64
	10	43	11,21	11,29	0,89	2,67
	11	57	11,12	11,00	0,95	2,85
	12	85	11,29	11,16	1,04	3,12
	13	53	11,54	11,56	1,00	3,00
	14	65	11,73	11,55	1,07	3,21
	15	43	12,06	11,96	1,09	3,27
	16	6	11,38	11,35	0,79	2,37

In der Tabelle 6 kann man erkennen, dass die 2. Wechselphase bei Mädchen mit ungefähr 10,2 Jahren beginnt und mit durchschnittlich 12,1 endet. Hierbei sollte ebenfalls der 16te Zahn aufgrund der kleinen Anzahl von Modellen außer Betracht gelassen werden.

Mit Hilfe dieser Tabellen wurden die Extremwerte ausgemacht und aus den Untersuchungen entfernt.

3.2.1 Mittelwertvergleich der Geschlechter

Zu jeder Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase wurde in Tabelle 7 die jeweilige Anzahl für Jungen und Mädchen aufgelistet und der jeweilige Mittelwert in Jahren bestimmt. Danach wurde für den Unterschied zwischen den Mittelwerten von Jungen und Mädchen ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt, der berechnet, ob dieser Unterschied signifikant ist oder nicht. Wenn dieser Unterschied in Jahren signifikant ist, bedeutet das, dass die Durchbruchzeiten der Zähne in der 2. Wechselphase vom Geschlecht abhängig sind.

Tabelle 7 Mittelwertunterschied zwischen Jungen und Mädchen

		Gültige N Für Jungen	Gültige N Für Mädchen	Mittelwert Für Jungen	Mittelwert Für Mädchen	p
Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase	1	50	32	10,61	10,18	0,04 *
	2	49	62	10,46	10,17	0,07
	3	40	51	10,76	10,34	0,03 *
	4	48	41	10,86	10,28	0,00 *
	5	41	43	10,83	10,64	0,38
	6	40	54	10,80	10,57	0,21
	7	40	44	11,17	10,57	0,01 *
	8	61	68	11,17	10,83	0,05 *
	9	40	52	11,32	10,97	0,07
	10	51	43	11,27	11,21	0,77
	11	36	57	11,58	11,12	0,03 *
	12	65	85	11,65	11,29	0,04 *
	13	25	53	12,25	11,54	0,00 *
	14	52	65	12,19	11,73	0,03 *
	15	41	43	12,19	12,06	0,62
	16	7	6	12,43	11,38	0,05 *

In der Tabelle 7 ist zu erkennen, dass der Mittelwertunterschied zwischen Jungen und Mädchen bei zehn von sechzehn Zähnen signifikant ist. (* = signifikant)

3.3 Durchbruch des 1. Zahnes in der 2. Wechselphase

Bei unserer Untersuchung haben wir bei jedem Modell versucht festzulegen, welcher Zahn als erster mit seiner Krone durch die Schleimhautdecke in die Mundhöhle durchgebrochen ist. Bei der Auswertung haben wir zwischen den Geschlechtern und dem Ober- bzw. Unterkiefer unterschieden.

3.3.1 Durchbruch des 1. Zahnes im Oberkiefer

In Tabelle 8 und 9 sind die Zähne im Oberkiefer dargestellt, die als erste die Schleimhautdecke zur Mundhöhle perforiert haben. Die Häufigkeiten sind sowohl in absoluten Zahlen als auch in Prozent angegeben.

Tabelle 8 Häufigkeitsverteilung der zuerst durchbrechenden Zähne im Oberkiefer bei Jungen angegeben in absoluten Zahlen und Prozent

♂ OK	Häufigkeit	Prozente
3	16	8,1
4	176	88,9
5	6	3,0
Gesamt	198	100,0

Tabelle 9 Häufigkeitsverteilung der zuerst durchbrechenden Zähne im Oberkiefer bei Mädchen angegeben in absoluten Zahlen und Prozent

♀ OK	Häufigkeit	Prozente
3	17	8,6
4	174	88,3
5	6	3,0
Gesamt	197	100,0

In den Tabellen kann man sehen, dass sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen die Wahrscheinlichkeit für den ersten Prämolaren im Oberkiefer am höchsten ist, als erster die Schleimhautdecke zur Mundhöhle zu perforieren. Dies ist in jeweils 88 % der Untersuchungen der Fall. In nur 8 % der Fälle tritt der Eckzahn als erstes in die Mundhöhle durch und der zweite Prämolare sogar nur in drei Prozent der Fälle. Untersucht wurde dies sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen an knapp 200 Modellen.

3.3.2 Durchbruch des 1. Zahnes im Unterkiefer

In Tabelle 10 und 11 sind nun die Zähne im Unterkiefer dargestellt, die als erste die Schleimhautdecke zur Mundhöhle perforiert haben. Die Häufigkeiten sind auch hier sowohl in absoluten Zahlen als auch in Prozent angegeben.

Tabelle 10 Häufigkeitsverteilung der zuerst durchbrechenden Zähne im Unterkiefer bei Jungen angegeben in absoluten Zahlen und Prozent

♂ UK	Häufigkeit	Prozente
3	76	47,5
4	76	47,5
5	8	5,0
Gesamt	160	100,0

Tabelle 11 Häufigkeitsverteilung der zuerst durchbrechenden Zähne im Unterkiefer bei Mädchen angegeben in absoluten Zahlen und Prozent

♀ UK	Häufigkeit	Prozente
3	125	73,1
4	43	25,1
5	3	1,8
Gesamt	171	100,0

In der Tabelle 10 kann man sehen, dass bei den Jungen im Unterkiefer entweder der Eckzahn oder aber der erste Prämolare der erste Zahn ist, der die Schleimhautdecke der Mundhöhle perforiert. Dies ist zu jeweils 47 Prozent der Fälle. Der zweite Prämolare war nur in fünf Prozent der Fälle der zuerst durchbrechende Zahn.

In der Tabelle 11 kann man erkennen, dass bei den Mädchen zu knapp drei Viertel der Fälle der Eckzahn derjenige war, der als erster die Schleimhautdecke der Mundhöhle durchstieß. Gefolgt wurde er vom ersten Prämolare in 25 % der Fälle. Der zweite Prämolare war nur in knapp zwei Prozent der insgesamt 171 Fälle der erste Zahn, der in der zweiten Wechselphase in die Mundhöhle durchbrach.

3.3.3 Geschlechtsunterschied beim 1. Zahn des Ober- bzw. Unterkiefers

Nachdem die Tabellen 8 und 9 respektive die Tabellen 10 und 11 erstellt wurden, wurde getestet, ob der Unterschied zwischen dem Zahn, der als erster durchbricht, abhängig vom Geschlecht ist. Mit Hilfe einer Kreuztabelle wurde der Zusammenhang zwischen den Variablen „erster durchbrechender Zahn“ und „Geschlecht“ untersucht.

Zusätzlich wurde ein Chi-Quadrat Test nach Pearson durchgeführt (siehe Anhang, Tabelle A1 und A2).

Für den Oberkiefer ergab sich eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,98$. Die für Ober- und Unterkiefer beobachtete Verteilungswahrscheinlichkeiten unterschieden sich also nicht signifikant.

Im Unterkiefer ergab sich eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,00$. Hier gibt es also einen signifikanten Geschlechtsunterschied zwischen dem Zahn, der als erster in die Mundhöhle durchtritt.

Die Kreuztabellen und der Chi-Quadrat Test sind im Anhang einzusehen.

3.3.4 Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer beim Jungen

In einer Kreuztabelle (Tabelle 12) wurde die Häufigkeitsverteilung für Ober- und Unterkiefer für den ersten Zahn in der 2. Wechselphase zusammengetragen. Anhand dieser Werte wurde der Chi-Quadrat Wert errechnet und daraus mit Hilfe des Freiheitsgrades und einer Tabelle für die Chi-Quadrat-Verteilung (Hartung et al., 1999) die Wahrscheinlichkeit p ermittelt.

Tabelle 12 Kreuztabelle für den ersten Zahn im Ober- und Unterkiefer beim Jungen

	Häufigkeit im Oberkiefer	Häufigkeit im Unterkiefer	Gesamt
Eckzahn	16	76	92
1. Prämolare	176	76	252
2. Prämolare	6	8	14
Gesamt	198	160	358

Als Chi-Quadrat wurde mit dieser Tabelle ein Wert von 75,92 berechnet und daraus ergab sich für die Irrtumswahrscheinlichkeit ein Wert von $p = 0,00$. Die Durchbruchwahrscheinlichkeiten unterschieden sich also signifikant zwischen Oberkiefer und Unterkiefer.

3.3.5 Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer beim Mädchen

Tabelle 13 Kreuztabelle für den ersten Zahn im Ober- und Unterkiefer beim Mädchen

	Häufigkeit im Oberkiefer	Häufigkeit im Unterkiefer	Gesamt
Eckzahn	17	125	142
1. Prämolare	174	43	217
2. Prämolare	6	3	9
Gesamt	197	171	368

Als Chi-Quadrat wurde mit dieser Tabelle ein Wert von 76,78 berechnet und daraus ergab sich für die Irrtumswahrscheinlichkeit ein Wert von $p = 0,00$. Das bedeutet, dass die Durchbruchwahrscheinlichkeiten des ersten Zahnes in der 2. Wechselphase auch beim Mädchen signifikant abhängig vom Ober- bzw. Unterkiefer sind.

3.4 Altersbestimmung über die Anzahl an in der 2. Wechselphase durchbrechenden bleibenden Zähnen

Bei dieser Untersuchung wurde für Jungen und Mädchen getrennt die Gesamtzahl an Zähnen bestimmt, die in der 2. Wechselphase neu in die Mundhöhle durchgebrochen sind. Diese Ergebnisse wurden dann in ein Streudiagramm dargestellt.

Danach wurde eine Ausgleichskurve mit Hilfe der Loess-Methode nach Cleveland (1979) in SPSS 12.0 berechnet und in dem Diagramm graphisch dargestellt.

Bei den Diagrammen sind alle Achsen gleich skaliert, damit man sie untereinander vergleichen kann.

3.4.1 Altersbestimmung bei Jungen

In Abbildung 6 wird die Gesamtzahl der in der 2. Wechselphase neu in die Mundhöhle durchgebrochenen Zähne in Abhängigkeit des Alters in Jahren beim Jungen betrachtet. An der Ordinate ist das Alter in Jahren angegeben, wobei die Teilstriche jeweils ein Viertel Jahr darstellen. Auf der Abszisse ist die Gesamtzahl der neuen Zähne in der 2. Wechselphase aufgetragen.

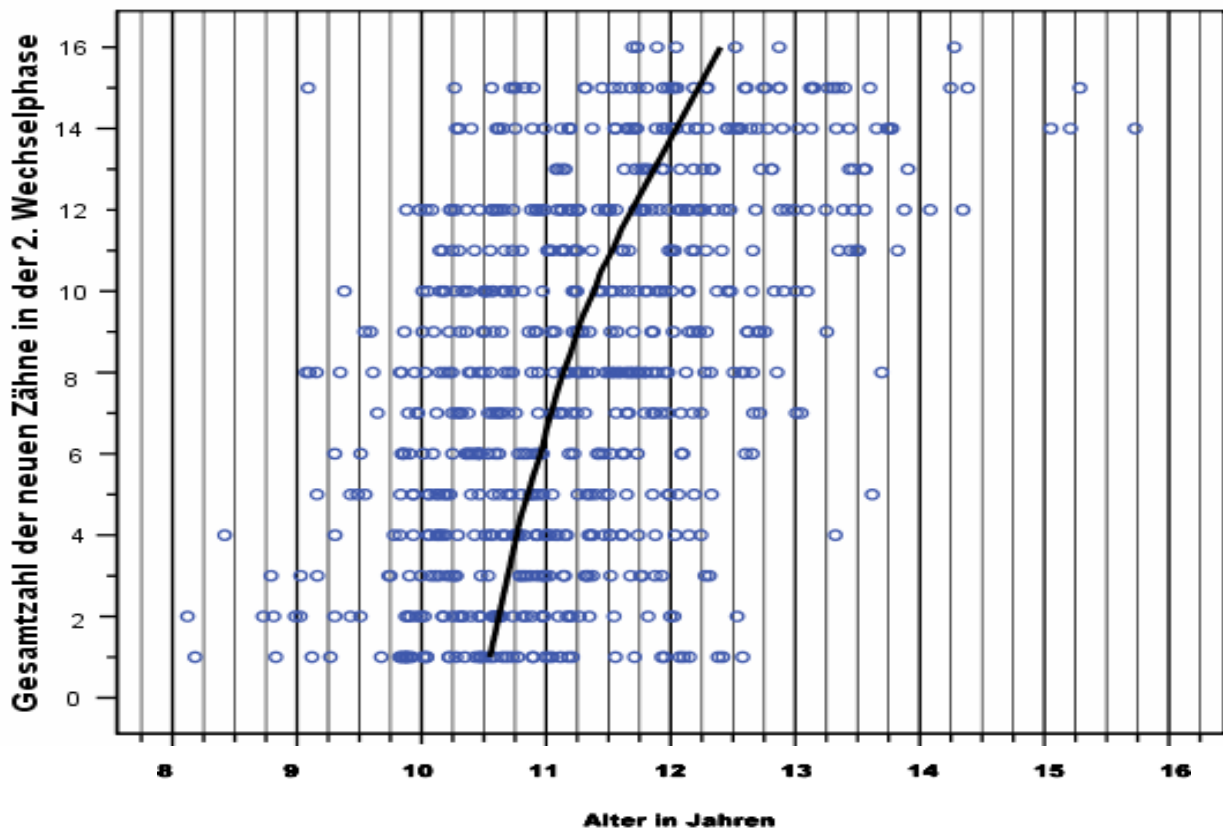


Abbildung 6 Die Gesamtzahl von neuen Zähnen in der 2. Wechselphase gegen das chronologische Alter bei Jungen

In dieser Grafik wird deutlich, dass bei einem Jungen der erste Zahn der 2. Wechselphase im Durchschnitt mit 10,5 Jahren in die Mundhöhle durchtritt. Die Wechselphase ist mit durchschnittlich 12,5 Jahren abgeschlossen.

3.4.2 Altersbestimmung bei Mädchen

In Abbildung 7 wird die Gesamtzahl der in der 2. Wechselphase neu in die Mundhöhle durchgebrochenen Zähne in Abhängigkeit des Alters in Jahren beim Mädchen betrachtet. An der Ordinate ist auch hier das Alter in Jahren angegeben, wobei die Teilstriche jeweils ein Viertel Jahr darstellen. Auf der Abszisse ist erneut die Gesamtzahl der neuen Zähne in der 2. Wechselphase aufgetragen.

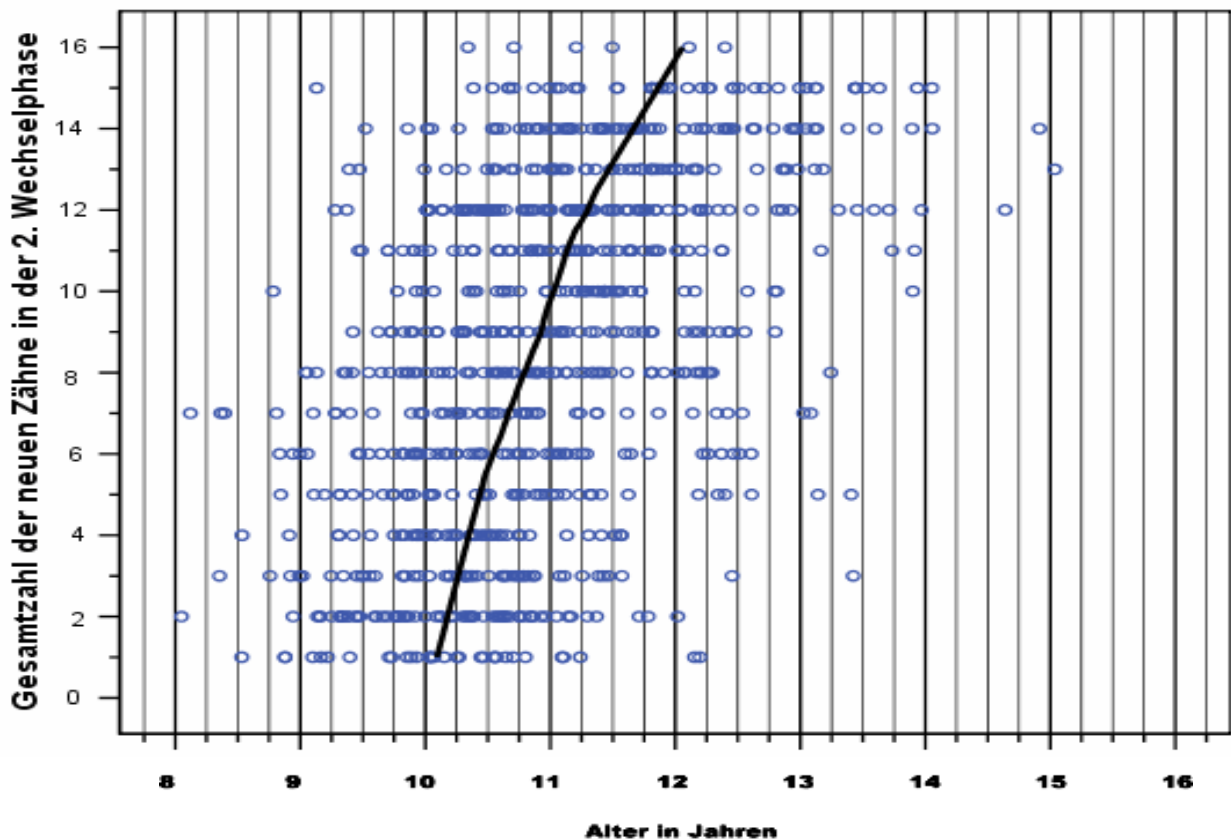


Abbildung 7 Die Gesamtzahl von neuen Zähnen in der 2. Wechselphase gegen das chronologische Alter bei Mädchen

In dieser Abbildung wird, genau wie bei den Jungen, deutlich, dass die 2. Wechselphase 2 Jahre lang dauert. Aber sie beginnt ein halbes Jahr früher als bei den Jungen, nämlich mit 10 Jahren und endet mit 12 Jahren.

3.5 Vergleich zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Reife

Um herauszufinden ob skelettal frühreife Kinder auch dental frühreif sind, beziehungsweise ob skelettal spät entwickelte auch dental spät entwickelt sind, wurde eine Rankkorrelation nach Spearman zwischen dem chronologischen Alter, der skelettalen Reife und der Gesamtzahl an neuen Zähnen in der zweiten Wechselphase errechnet (Tabelle 14 und 15). Die Korrelation wurde nach Geschlechtern getrennt.

Tabelle 14 Rankkorrelation nach Spearman für Jungen

		Alter in Jahren	Skelettale Reife
Korrelationskoeffizient	Skelettale Reife	0,71	
Signifikanz		0,00	
N		131	
Korrelationskoeffizient	Gesamtzahl der Zähne	0,47	0,46
Signifikanz		0,00	0,00
N		686	131

Tabelle 15 Rankkorrelation nach Spearman für Mädchen

		Alter in Jahren	Skelettale Reife
Korrelationskoeffizient	Skelettale Reife	0,65	
Signifikanz		0,00	
N		162	
Korrelationskoeffizient	Gesamtzahl der Zähne	0,50	0,38
Signifikanz		0,00	0,00
N		799	162

In einer partiellen Korrelation zwischen der skelettalen Reife und der Gesamtzahl der neuen Zähne in der zweiten Wechselphase, mit dem chronologischen Alter als Kontrollvariable, ergab sich für die Jungen eine Korrelation von 0,2. Bei den Mädchen ergab sich eine Korrelation von 0,1.

3.6 Mittelwertvergleich mit einer vorangegangenen Studie

Um herauszufinden, ob es einen Unterschied zwischen den Ergebnissen unserer Studie mit den strengeren Auswahlkriterien und der Studie von Wenzel (2006) gibt, haben wir die Mittelwerte des chronologischen Alters für die Gesamtzahl an neu durchgebrochenen Zähnen von Wenzel (2006) und die aus dieser Studie grafisch für Jungen (Abb. 8) und Mädchen (Abb.9) dargestellt.

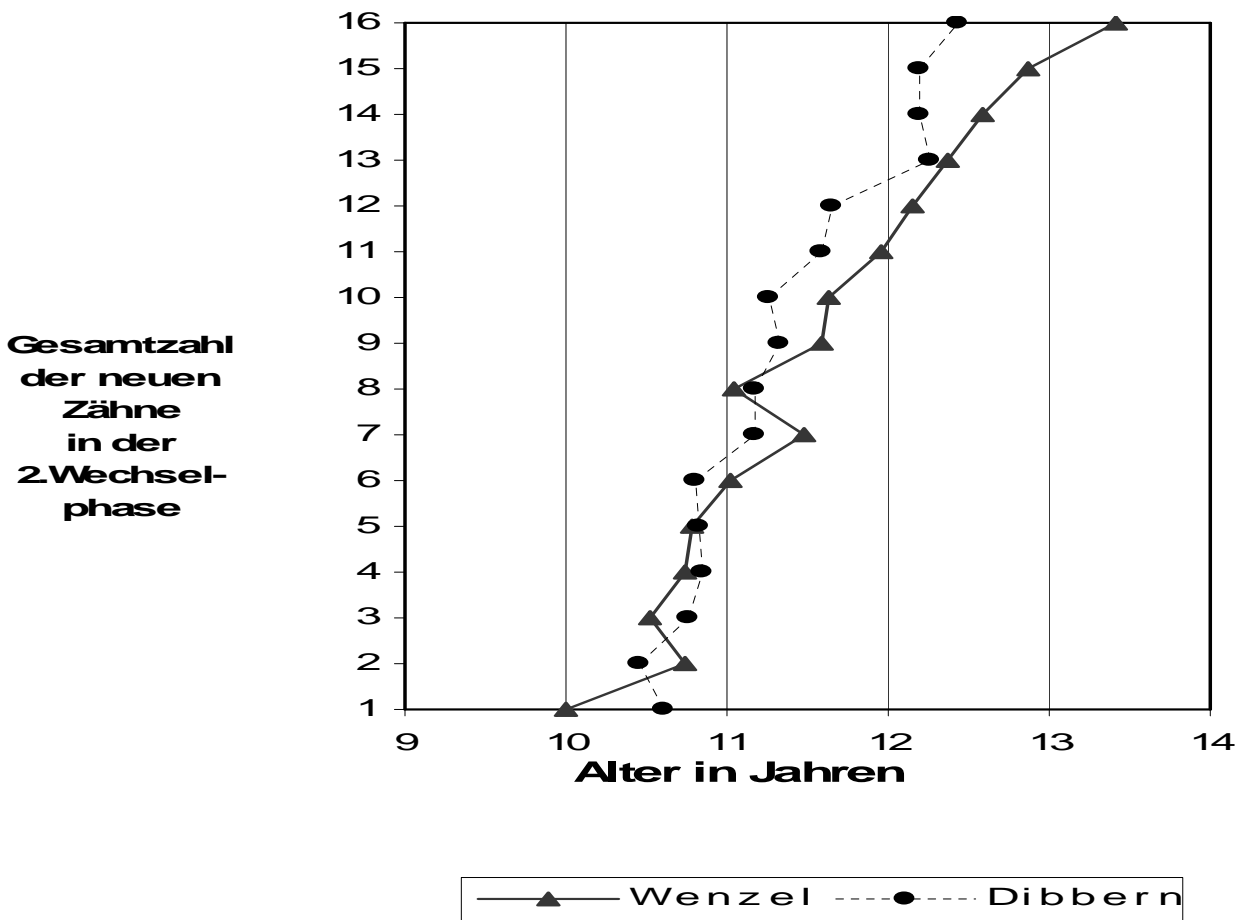


Abbildung 8 Gesamtzahl der in der zweiten Wechselphase neu durchgebrochenen Zähne bei Jungen aufgetragen gegen das mittlere Alter in Jahren. Die Daten stammen von Wenzel (2006) und aus dieser Studie

In der Abbildung 8 kann man erkennen, dass die beiden Graphen von Wenzel (2006) und Dibbern eine recht ähnliche Steigung aufweisen. Die berechneten Mittelwerte der beiden Studien wurden mit einem Student T-Test für unabhängige Stichproben überprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 16 für die Jungen und in Tabelle 17 für die Mädchen angegeben.

Tabelle 16 T-Test für die Überprüfung der Mittelwerte von Wenzel (2006) und Dibbern bei Jungen

		Gültige N Dibbern	Gültige N Wenzel	Mittelwert Dibbern	Mittelwert Wenzel	Mittelwert- unterschied	p
Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase	1	50	40	10,61	10,01	-0,60	0,007 *
	2	49	33	10,46	10,74	0,28	0,248
	3	40	35	10,76	10,53	-0,23	0,311
	4	48	41	10,86	10,73	-0,13	0,542
	5	41	29	10,83	10,79	-0,04	0,875
	6	40	35	10,80	11,02	0,22	0,393
	7	40	27	11,17	11,47	0,30	0,283
	8	61	42	11,17	11,04	-0,13	0,522
	9	40	42	11,32	11,58	0,26	0,300
	10	51	44	11,27	11,64	0,37	0,099
	11	36	37	11,58	11,95	0,37	0,150
	12	65	67	11,65	12,15	0,50	0,018 *
	13	25	44	12,25	12,36	0,11	0,675
	14	52	59	12,19	12,59	0,40	0,092
	15	41	48	12,19	12,88	0,69	0,020 *
	16	7	156	12,43	13,42	0,99	0,030 *

In der Tabelle 16 ist zu erkennen, dass der Mittelwertunterschied zwischen Wenzel und Dibbern bei vier von sechzehn Zähnen signifikant (*) ist.

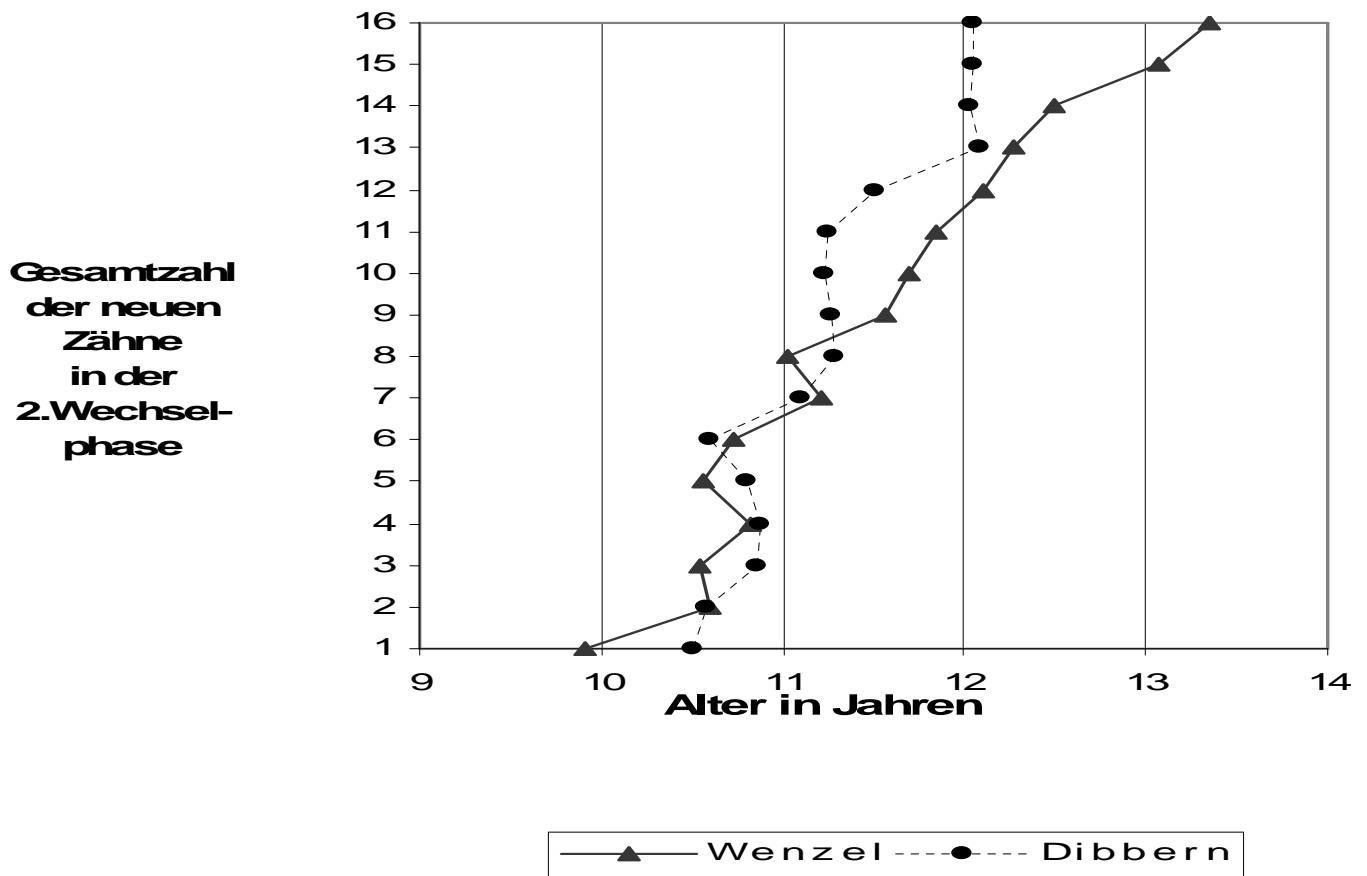


Abbildung 9 Gesamtzahl der in der zweiten Wechselphase neu durchgebrochenen Zähne bei Mädchen aufgetragen gegen das mittlere Alter in Jahren. Die Daten stammen von Wenzel (2006) und aus dieser Studie

Tabelle 17 T-Test für die Überprüfung der Mittelwerte von Wenzel (2006) und Dibbern bei Mädchen

		Gültige N Dibbern	Gültige N Wenzel	Mittelwert Dibbern	Mittelwert Wenzel	Mittelwert- unterschied	P
Gesamtzahl der Zähne in der 2. Wechselphase	1	50	37	10,18	9,99	-0,19	0,462
	2	49	43	10,17	10,13	-0,04	0,822
	3	40	42	10,34	10,01	-0,33	0,091
	4	48	45	10,28	10,27	-0,01	0,954
	5	41	46	10,64	10,71	0,07	0,765
	6	40	54	10,57	10,65	0,08	0,716
	7	40	52	10,57	10,87	0,30	0,219
	8	61	47	10,83	10,90	0,07	0,671
	9	40	44	10,97	11,02	0,05	0,787
	10	51	46	11,21	10,94	-0,27	0,268
	11	36	54	11,12	11,51	0,39	0,074
	12	65	62	11,29	11,64	0,35	0,126
	13	25	60	11,54	12,29	0,75	0,001 *
	14	52	61	11,73	12,57	0,84	0,000 *
	15	41	78	12,06	12,61	0,55	0,027 *
	16	7	194	11,38	13,19	1,81	0,002 *

In der Tabelle 17 ist zu erkennen, dass der Mittelwertunterschied zwischen Wenzel und Dibbern bei vier von sechzehn Zähnen signifikant (*) ist.

3.7 Regression

In dieser Untersuchung gehen wir davon aus, dass die Variablen „chronologisches Alter“ und „Anzahl der neuen Zähne in der zweiten Wechselphase“ linear abhängig sind. Dieses wird im Folgenden untersucht.

Hierzu werden die beiden Punktwolken aus den Abbildungen 6 und 7 genommen und es wird versucht eine Regressionsgerade durch diese Werte zu legen. Nachdem man die Regressionsgerade gezeichnet hat, muss der Korrelationskoeffizient berechnet werden, damit man erkennt, ob eine lineare Abhängigkeit zwischen den beiden Werten besteht.

Die Steigung der Regressionsgeraden ist der Regressionskoeffizient und damit kann man hinterher mit der Zahnzahl in der 2. Wechselphase das dentale Alter des Patienten bestimmen.

Dass eine lineare Abhängigkeit zwischen den Wertepaaren in Abbildung 6 und 7 besteht, ist auch erkennbar anhand der berechneten Ausgleichskurven nach der Loess-Methode von Cleveland (1979).

3.7.1 Regressionstabelle beim Jungen

Gesamtzahl	Y-Achsen-Abschnitt in Jahren	Steigung in Jahr/Zahn	Korrelationskoeffizient r
686	10,3	0,123	0,48

Tabelle 18 Regressionstabelle für Jungen

In Tabelle 18 sind der Y-Achsen-Abschnitt und die Steigung und der Korrelationskoeffizient für die Regressionsgerade durch die Punktwolke der Abbildung 6 angegeben. Daraus kann man erkennen, dass die 2. Wechselphase beim Jungen durchschnittlich mit 10 Jahren und 4 Monaten beginnt etwa alle 1,5 Monate ein weiterer Zahn durchbricht.

3.7.2 Regressionstabelle beim Mädchen

Tabelle 19 Regressionstabelle für Mädchen

Gesamtzahl	Y-Achsen-Abschnitt in Jahren	Steigung in Jahr/Zahn	Korrelationskoeffizient r
799	9,9	0,129	0,43

In Tabelle 19 sind der Y-Achsen-Abschnitt und die Steigung und der Korrelationskoeffizient für die Regressionsgerade durch die Punktwolke der Abbildung 7 angegeben. Daraus kann man erkennen, dass die 2. Wechselphase beim Mädchen durchschnittlich mit 9 Jahren und 11 Monaten beginnt und etwa alle 1,5 Monate ein weiterer Zahn durchbricht.

4. Diskussion

4.1 *Intraindivideller Methodenfehler*

Bei der Auswertung der Modelle kann eigentlich nicht viel falsch gemacht werden. Zur Bestimmung der Gesamtzahl der Zähne in der zweiten Wechselphase müssen alle vorhandenen Eckzähne, ersten und zweiten Prämolaren und zweiten Molaren in allen vier Quadranten gezählt werden. Dabei ist es egal, wie weit der jeweilige Zahn durchgebrochen ist, er wird immer gezählt, wenn ein Teil der Zahnkrone durch die Schleimhautdecke durchgebrochen ist.

Herauszufinden, welcher Zahn als erster in der zweiten Wechselphase durchgebrochen ist, gestaltet sich schon schwieriger. Nicht, wenn nur ein Zahn pro Kiefer durchgebrochen ist, aber wenn zwei oder mehr Zähne schon vorhanden sind. Dann kann man nur eine sichere Aussage machen, wenn die Zähne einen ausreichend großen Unterschied zur Okklusionsebene aufweisen. In dieser Untersuchung wurde ein Unterschied von 2 mm gewählt.

Um herauszufinden, ob die Ergebnisse reproduzierbar waren, wurde der intraindividuelle Methodenfehler bestimmt. Dazu wurden 50 Modelle wie in Abschnitt 3.1.1 beschrieben nach einer Zeit von zwei Wochen noch einmal beurteilt. Ein Intervall von zwei Wochen wurde gewählt, damit der Untersucher sich nicht mehr an die Modelle erinnern konnte. Damit wurde auch der Lerneffekt berücksichtigt und die Reproduzierbarkeit wurde getestet.

Die Auswertung des intraindividuellen Methodenfehlers ergab ein sehr gutes Ergebnis. Der Zahn, der als erster in der zweiten Wechselphase durchgebrochenen war, stimmte bei der zweiten Durchsicht der Modelle mit dem Zahn der ersten Durchsicht in 100 Prozent der Fälle überein.

Auch bei der Bestimmung der Gesamtzahl der Zähne in der zweiten Wechselphase stimmte die zweite Zählung zu 98 Prozent mit der ersten überein. Da die Untersuchungsmethoden recht einfach gehalten wurden, konnte auf die interindividuelle Methodenfehleranalyse

verzichtet. Es wurde nicht davon ausgegangen, dass zwei unterschiedliche Untersucher große Abweichungen in ihren Ergebnissen haben würden.

4.2 Erster Zahn in der 2. Wechselphase

4.2.1 Erster Zahn beim Jungen

Bei dem Durchbruch des ersten Zahnes in der zweiten Wechselphase gibt es beim Jungen einen Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer. Im Oberkiefer tritt in über 80 Prozent der Fälle der erste Prämolare als erster durch die Schleimhaut in die Mundhöhle durch. Der Eckzahn und der zweite Prämolare sind nur in geringem Prozentsatz die ersten die durchtreten. Im Unterkiefer sind es dagegen der Eckzahn und der erste Prämolare, die zum gleichen Anteil die ersten Zähne in der zweiten Wechselphase sind.

In der Literatur findet man andere Ergebnisse, so wird bei Wedl et al. (2004), der 315 Jungen im Alter von drei bis 25 Jahren aus Niedersachsen untersucht hat und Nyström et al. (2001), die 86 finnische Jungen in einer Longitudinalstudie untersuchte, im Oberkiefer der erste Prämolare und im Unterkiefer der Eckzahn als die Zähne angegeben, die am Wahrscheinlichsten als erstes in der zweiten Wechselphase durchbrechen. Beide geben nur die mittleren Durchbruchzeiten der permanenten Zähne an, weshalb keine Aussage über die Prozentzahlen der Wahrscheinlichkeit gemacht werden kann.

Bei Janson (1970), die eine Untersuchung an 2648 Kindern aus München geleitet hat, wird dagegen angegeben, dass im Oberkiefer der erste Prämolare und im Unterkiefer ebenfalls der erste Prämolare die ersten Zähne in der zweiten Wechselphase sind. Auch bei Janson werden nur die mittleren Durchbruchzeiten angegeben.

Der Chi-Quadrat Test für den Zahndurchbruch in der zweiten Wechselphase zwischen Ober- und Unterkiefer beim Jungen zeigt, dass der zuerst durchbrechende Zahn in dieser Phase zwischen dem Ober- und Unterkiefer unterschiedlich ist. Ob dies nur auf Kinder im nord- und

mittelhessischem Raum zutrifft, oder ob dieses Ergebnis auch auf andere Regionen übertragbar ist, muss jeweils untersucht werden.

4.2.2 Erster Zahn beim Mädchen

Beim Mädchen sind die Ergebnisse im Oberkiefer ähnlich. Auch hier ist der erste Prämolare bei über 80 Prozent der Fälle derjenige Zahn, der als erster in der zweiten Wechselphase die Schleimhautdecke perforiert. Im Unterkiefer dagegen finden sich Unterschiede zum Jungen. Bei knapp drei Vierteln der Fälle ist der Eckzahn der erste Zahn und zu einem Viertel ist der erste Prämolare der erste neue Zahn in der zweiten Wechselphase.

Bei Wedl et al. (2004), der 349 Mädchen aus Niedersachsen untersucht hat, findet man, dass im Oberkiefer, genau wie in dieser Studie, der erste Prämolare der erste Zahn der zweiten Wechselphase ist. Im Unterkiefer ist es der Eckzahn, der als erster die Mundschleimhautdecke perforiert. Genau wie bei Wedl et al. hat auch Nyström et al. (2001) in einer Longitudinalstudie mit 101 Mädchen aus Finnland herausgefunden, dass im Oberkiefer der erste Prämolare und im Unterkiefer der Eckzahn der erste neue Zahn in der zweiten Wechselphase ist.

Auch beim Mädchen ist der Zahndurchbruch des ersten Zahnes in der zweiten Wechselphase zwischen Ober- und Unterkiefer unterschiedlich.

4.3 Altersbestimmung über die Anzahl an in der 2. Wechselphase durchbrechenden bleibenden Zähnen

Bei dieser Untersuchung konnte aus den Archiven der kieferorthopädischen Abteilungen der Universitätskliniken Marburg und Gießen mit insgesamt knapp 1500 untersuchten Modellen auf ein großes Patientengut zurückgegriffen werden. Daher kann man die Ergebnisse auf Kinder aus den Nord- und Mittelhessischen Raum anwenden.

Zum Vergleich werden die Longitudinalstudien von Moorrees (1978), von Hägg und Taranger (1985) und von Nyström et al. (2001) herangezogen. Moorrees gibt in seiner Studie die Medianwerte an, Hägg und Nyström benutzen Mittelwerte. Die drei Untersuchungen sind

in Abbildung 8 und 9 dargestellt. Man erkennt im Alter von ca. 5,5 Jahren bis 8,5 Jahren die erste Wechselphase und von ca. 9,5 Jahren bis 12,5 Jahren die zweite Wechselphase. Zwischendurch befindet sich eine Ruhephase. Sowohl in der ersten Wechselphase als auch in der zweiten Wechselphase nimmt die Zahnzahl linear zum Alter zu. In der Abbildung 10 sind die Ergebnisse für Jungen, in der Abbildung 11 für Mädchen enthalten.

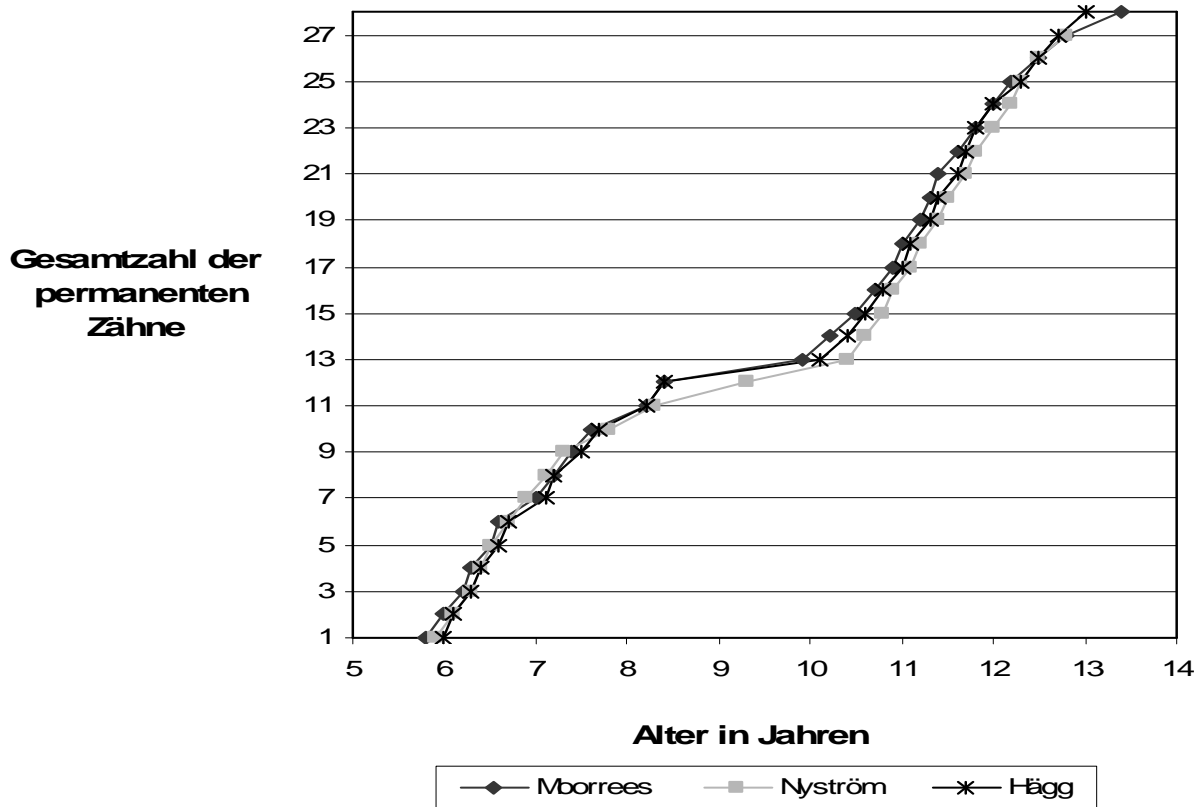


Abbildung 10 Gesamtzahl der permanenten Zähne gegen das Alter in Jahren bei Jungen. Die Daten stammen aus Longitudinalstudien von Moorrees (1978), Hägg und Tatanger (1985) und Nyström et al. (2001)

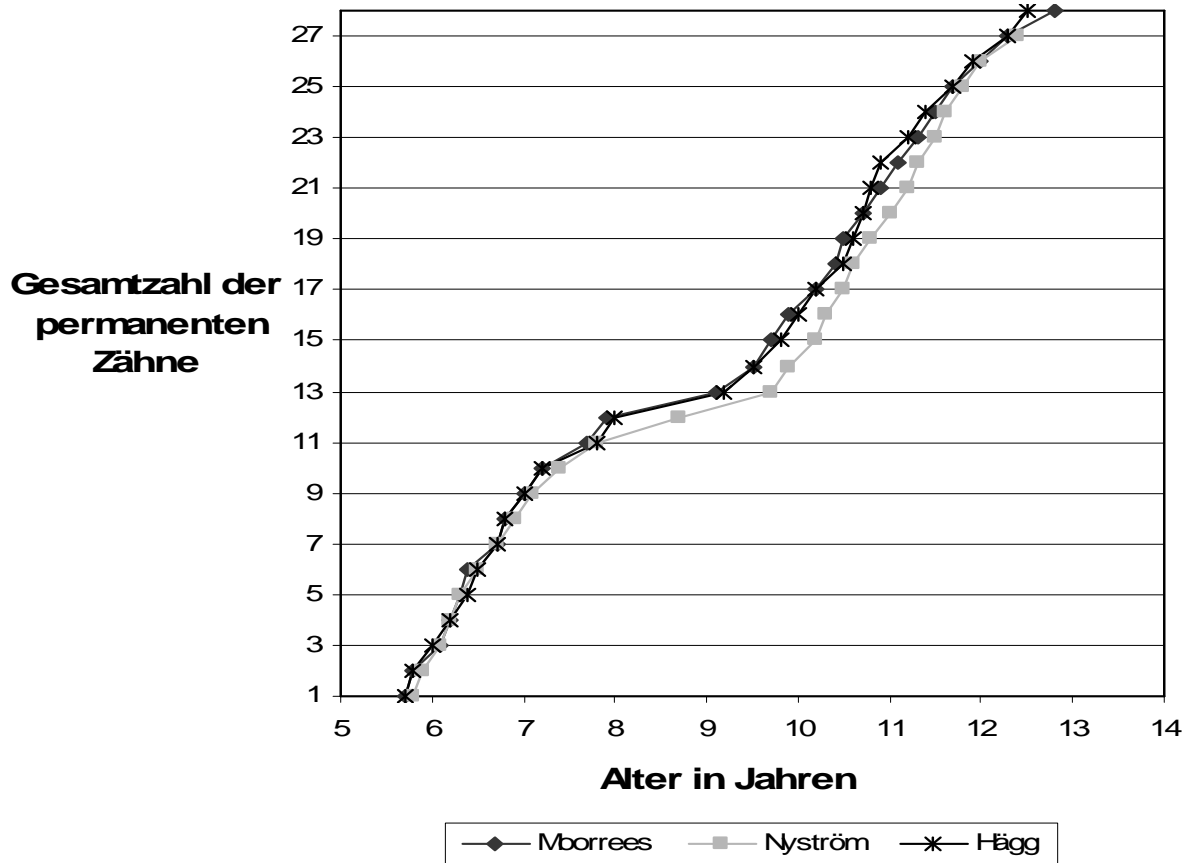


Abbildung 11 Gesamtzahl der permanenten Zähne gegen das Alter in Jahren bei Mädchen. Die Daten stammen aus Longitudinalstudien von Moorrees (1978), Hägg und Taranger (1985) und Nyström et al. (2001)

4.3.1 Altersbestimmung bei Jungen

In den Abbildungen 10 und 11 wird gezeigt, dass die Zahnzahl bei Moorrees (1978) Untersuchungen in der zweiten Wechselphase linear zum Alter der Jungen zunimmt. Der erste Zahn in der zweiten Wechselphase tritt mit 9,9 Jahren durch die Mundschleimhautdecke durch und die Wechselphase ist mit 13,4 Jahren abgeschlossen. Seine Longitudinalstudie basierte auf 234 männlichen Zwillingen.

In einer späteren Untersuchung von Hägg und Taranger (1985), in der sie 122 Jungen in eine Longitudinalstudie aufnahm, kam heraus, dass der erste neue Zahn in der zweiten Wechselphase mit 10,1 Jahren und der sechzehnte mit 13 Jahren in die Mundhöhle eintreten.

Eine weitere Longitudinalstudie wurde von Nyström et al. (2001) durchgeführt, in der sie 86 finnische Jungen untersuchte. Die zweite Wechselphase begann mit 10,4 Jahren und endete mit 12,8 Jahren. Diese drei Ergebnisse und die unserer Studie sind zum besseren Vergleich in der Abbildung 12 zusammengefasst.

Die Werte stammen bei Moorrees aus Medianwerten, bei Hägg und Nyström aus mittleren Durchbruchzeiten der permanenten Zähne in der zweiten Wechselphase. Bei unserer Studie handelt es sich um eine Querschnittsstudie, im Gegensatz zu den Studien von Moorrees, Hägg und Nyström, die auf Longitudinaluntersuchungen basierten. Aus diesem Grund sind die Durchbruchzeiten bei allen drei monoton steigend, während bei einer Querschnittsstudie für jede Zahnzahl eine neue Gruppe von Probanden herangezogen wird. Dadurch sind die Werte in unserer Studie nicht monoton steigend.

In der Abbildung 12 ist zu erkennen, dass eine lineare Abhängigkeit zwischen dem Mittelwert des Alters und der Anzahl der neu durchbrochenen Zähne in der zweiten Wechselphase besteht. Man sollte bei unserer Studie den letzten Zahn außer Betracht lassen, da hier die Querschnittsstudie ihre Schwächen hat. Erstens ist die Anzahl an Probanden, bei denen sich der sechzehnte Zahn gerade im Durchbruch befand, sehr gering ($N = 7$), und zweitens ist eine mittlere Altersangabe hier schwer zu machen, da auch bei einem z.B. 40-jährigen der sechzehnte Zahn nachzuweisen ist. Die Altersangabe ist also nach oben hin offen.

Das beachtliche an der Abbildung 12 ist, dass alle vier Graphen im Abschnitt zwischen den zweiten und dreizehnten permanenten Zähnen der zweiten Wechselphase nahezu identisch verlaufen, wenn man die oben beschriebenen Probleme der Querschnittsstudie außer Betracht lässt.

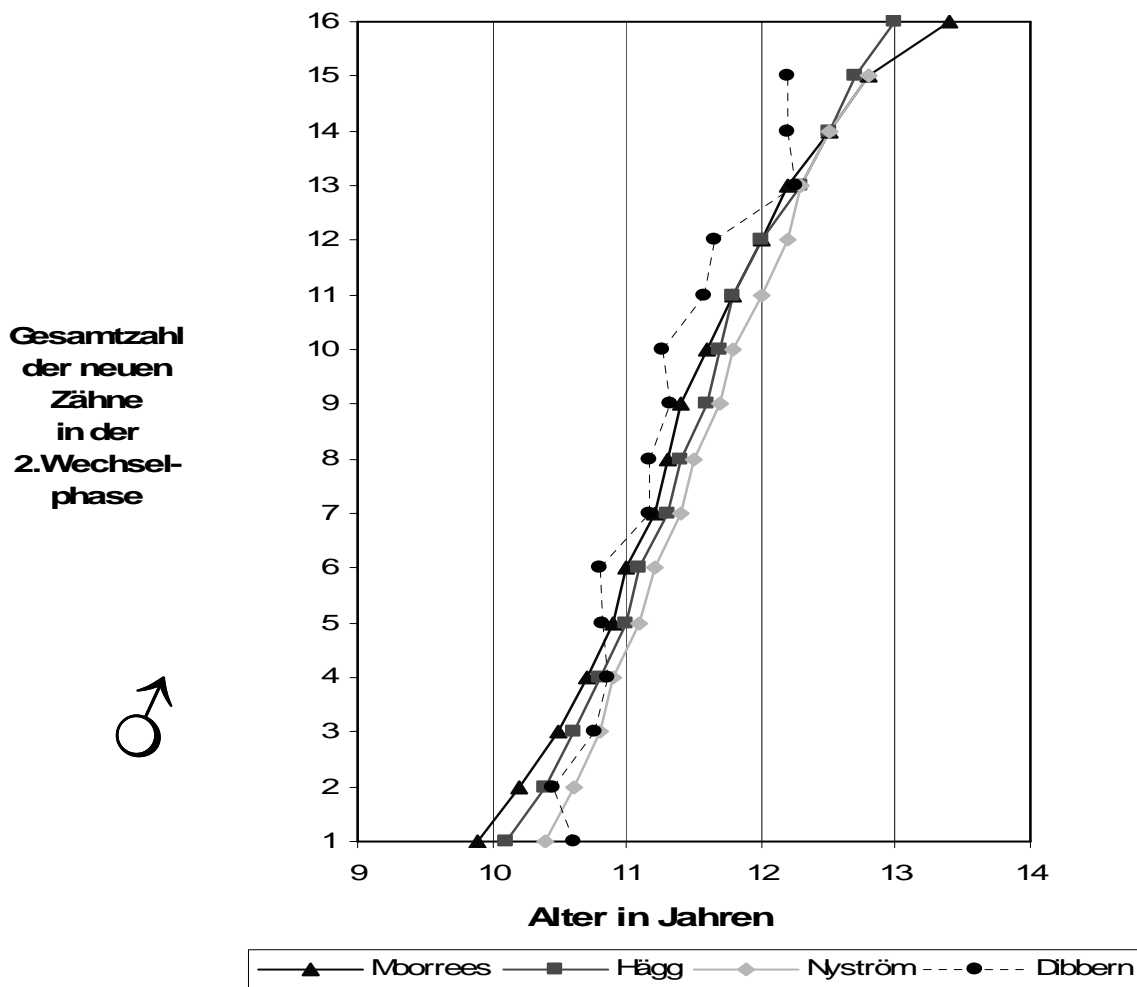


Abbildung 12 Gesamtzahl der neuen Zähne in der zweiten Wechselphase gegen das Alter in Jahren aufgetragen. Die Daten stammen von Moorrees (1978), Hägg (1985), Nyström (2001) und aus dieser Studie

Bei unsere Untersuchung wurde bei der Überprüfung der Korrelation zwischen Alter und Zahndurchbruch nur ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,5$ ermittelt. Man kann nun grundsätzlich zwei verschiedene Interpretationen anführen. Zum einen könnte man sagen, dass es in dieser Untersuchung eine relativ große Streuung der Einzelwerte um die Mittelwerte gibt (siehe Tabelle 5), was mit den Problemen einer Querschnittsstudie zusammenhängen kann, so dass sich nur eine mittlere Korrelation ergab, zum anderen könnte man meinen, dass es wirklich problematisch ist, dass dentale Alter mit dem chronologischen Alter zu vergleichen.

4.3.2 Altersbestimmung bei Mädchen

Auch bei den Mädchen lässt sich eine lineare Abhängigkeit erkennen. Die zweite Wechselphase beginnt und endet aber früher als bei den Jungen. Von der Gesamtzeit ist die Phase aber nahezu genau so lang wie bei den Jungen.

Ebenso wie bei den Jungen werden als Vergleich bei den Mädchen wieder die Untersuchungen von Moorrees (1978), Hägg und Taranger (1985) und Nyström et al. (2001) herangezogen. Die Longitudinalstudie von Moorrees basiert auf der Untersuchung von 225 weiblichen Zwillingen. Die Wechselphase beim Mädchen beginnt nach Moorrees mit 9,1 Jahren und endet mit 12,8 Jahren.

Bei der Untersuchung von Hägg und Taranger (1985), bei der sie eine Longitudinalstudie mit 90 schwedischen Mädchen durchführten, beginnt die zweite Wechselphase mit 9,2 Jahren und endet mit 12,5 Jahren. Ebenso war auch die Untersuchung von Nyström (2001) eine Longitudinalstudie, bei der sie 101 finnische Mädchen untersuchte. Die zweite Wechselphase beginnt bei ihren Ergebnissen bei 9,7 Jahren und endet bei 12,4 Jahren. Auch hier wurden alle drei Untersuchungen in einem gemeinsamen Diagramm zur besseren Übersicht zusammengestellt (Abbildung 13).

In der Abbildung 13 sieht man wieder die monoton steigenden Werte von Moorrees, Hägg und Nyström im Gegensatz zu den nicht monoton steigenden Werten unserer Studie, was an der unterschiedlichen Durchführung der Studien liegt. Es ist zu erkennen, dass eine lineare Abhängigkeit zwischen dem Mittelwert des Alters und der Anzahl der neu durchbrochenen Zähne in der zweiten Wechselphase besteht. Aus den gleichen Gründen wie bei den Jungen sollte man wieder das Ende des Graphen außer Betracht lassen. ($N_{16} = 6$).

Wieder ist zu sehen, dass alle vier Graphen im Abschnitt zwischen den dritten und fünfzehnten permanenten Zähnen der zweiten Wechselphase nahezu identisch verlaufen, wenn man die oben beschriebenen Probleme der Querschnittsstudie außer Betracht lässt.

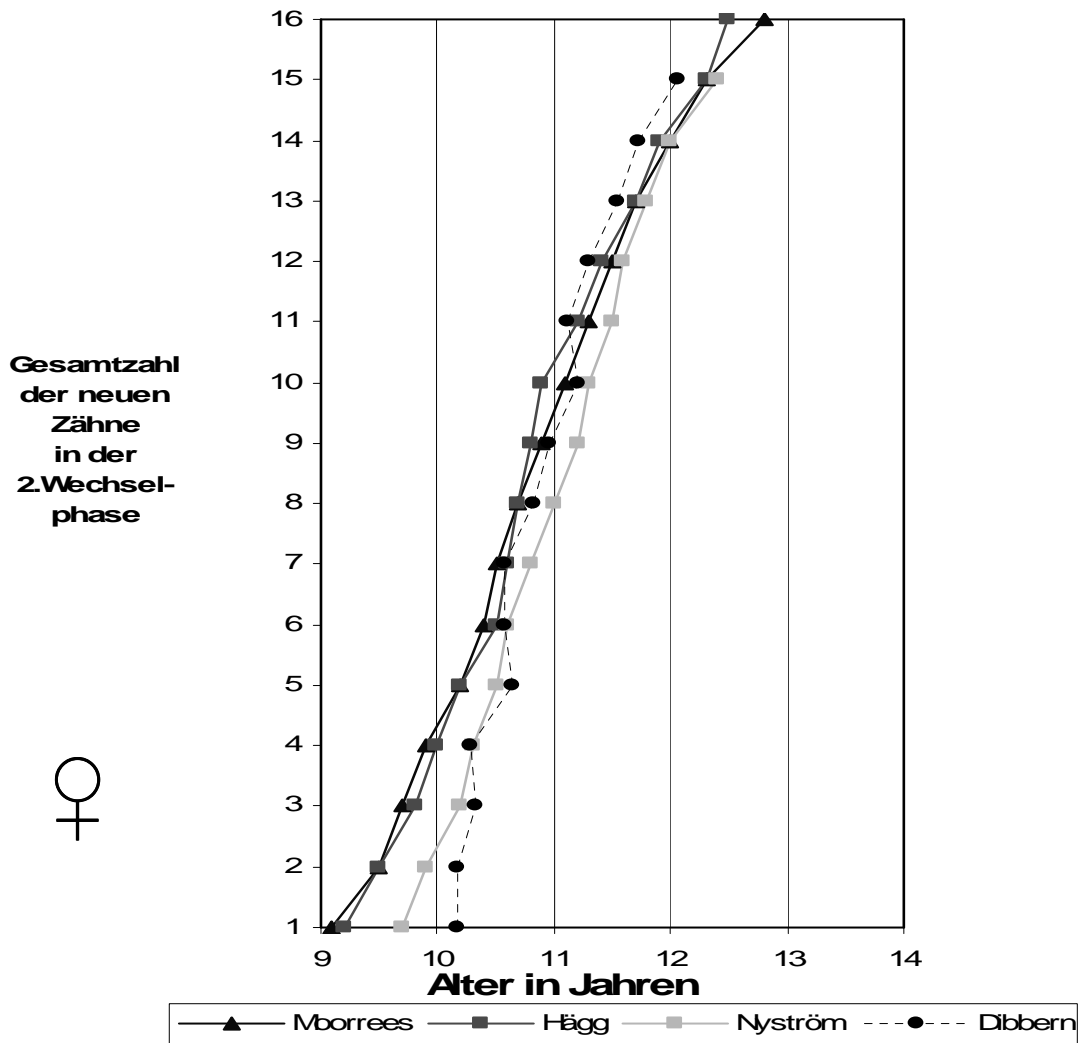


Abbildung 13 Gesamtzahl der neuen Zähne in der zweiten Wechselphase gegen das Alter in Jahren aufgetragen. Die Daten stammen von Moorrees (1978), Hägg (1985), Nyström (2001) und aus dieser Studie

Auch bei den Mädchen wurde eine Korrelation zwischen Alter und Zahndurchbruch erstellt. Es ergab sich ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,4$ ermittelt. Die Diskussion der Ergebnisse ist denen der Jungen (Seite 41) ähnlich und wird deshalb hier nicht noch einmal aufgeführt.

Um die Probleme einer Querschnittsstudie zu beheben, müsste man eine wesentlich höhere Zahl an Untersuchungsergebnissen haben. Dies wäre zu schaffen, wenn es einen Gesamtkatalog über mehrere Archive von den Universitätskliniken in Hessen gäbe würde.

Da aus den Ergebnissen nur eine mittlere Korrelation zwischen dem chronologischen Alter und der Gesamtzahl an neuen Zähnen in der zweiten Wechselphase errechnet werden konnte, sollte man sowohl bei den Jungen, als auch bei den Mädchen, mit dem Begriff „dentales

Alter“ vorsichtig umgehen. Besser wäre es, wenn man den Begriff „dentale Reife“ verwendet und dann nur die Zahnzahl anhand einer Norm-Tabelle vergleicht.

Das dentale Alter sollte man höchstes als gewisses Richtmaß ansehen. Man kann aber durchaus bei einer großen Diskrepanz zwischen chronologischem Alter und dentalem Alter von einem dentalen frühreifen oder spät entwickelten Kind sprechen.

4.4 Vergleich zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Reife

Der Vergleich zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Reife basiert in dieser Studie nur auf 131 männliche und auf 162 weibliche Probanden. Bei der Korrelation zwischen dem chronologischem Alter, der skelettalen Reife und der Gesamtzahl der neuen Zähne in der zweiten Wechselphase konnte bei den Jungen eine Korrelation von nur $r = 0,5$ zwischen der skelettalen und dentalen Reife errechnet werden. Bei den Mädchen lag die Korrelation bei $r = 0,4$.

Da aber sowohl die dentale Reife als auch die skelettale Reife direkt mit dem chronologischen Alter im Zusammenhang steht, muss man davon ausgehen, dass hier eine Scheinkorrelation vorliegt. Um dieses zu überprüfen muss man eine partielle Korrelation berechnen, in der die dentale Reife und die skelettale Reife unabhängig vom chronologischen Alter betrachtet werden. Die partielle Korrelation lag bei den Jungen bei $r = 0,2$ und bei den Mädchen bei $r = 0,1$

Aus diesen Ergebnissen lässt sich erkennen, dass es keinen nennenswerten Zusammenhang zwischen der skelettalen Reife und der dentalen Entwicklung gibt, sondern beide von dem chronologischen Alter abhängig sind.

Zu diesem Resultat kommt auch Lewis (1991) in einer Untersuchung von 320 Jungen und 374 Mädchen. Er stellt eine Korrelation zwischen dentaler und skelettaler Reife von $R = 0,6$ fest. Lewis berechnet aber keine partielle Korrelation, obwohl beide Variablen vom chronologischen Alter abhängig sind. Diese würde noch niedriger ausfallen.

Auch Koshy und Tandon (1998) stellten in ihrer Untersuchung 184 Kindern fest, dass es nur einen geringen Zusammenhang zwischen der dentalen und der skelettalen Reife gibt.

4.5 Mittelwertvergleich mit einer vorangegangenen Studie

Bei dem Vergleich der Studie von Wenzel (2006) und dieser Studie waren die Mittelwertunterschiede sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen in nur vier von sechzehn Zähnen signifikant unterschiedlich.

Zur besseren Übersicht haben wir die Differenz zwischen den Mittelwerten bei Jungen und Mädchen von Wenzel (2006) und von dieser Studie in der Abbildung 14 dargestellt. Man kann in dieser Abbildung erkennen, dass die Mittelwertdifferenz sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen zum Ende der Wechselphase hin steigt. Das liegt daran, dass bei der Untersuchung von Wenzel (2006) die Mittelwerte über dem Niveau von denen aus dieser Studie liegen, also die Durchbruchzeiten der permanenten Zähne in der zweiten Wechselphase später sind.

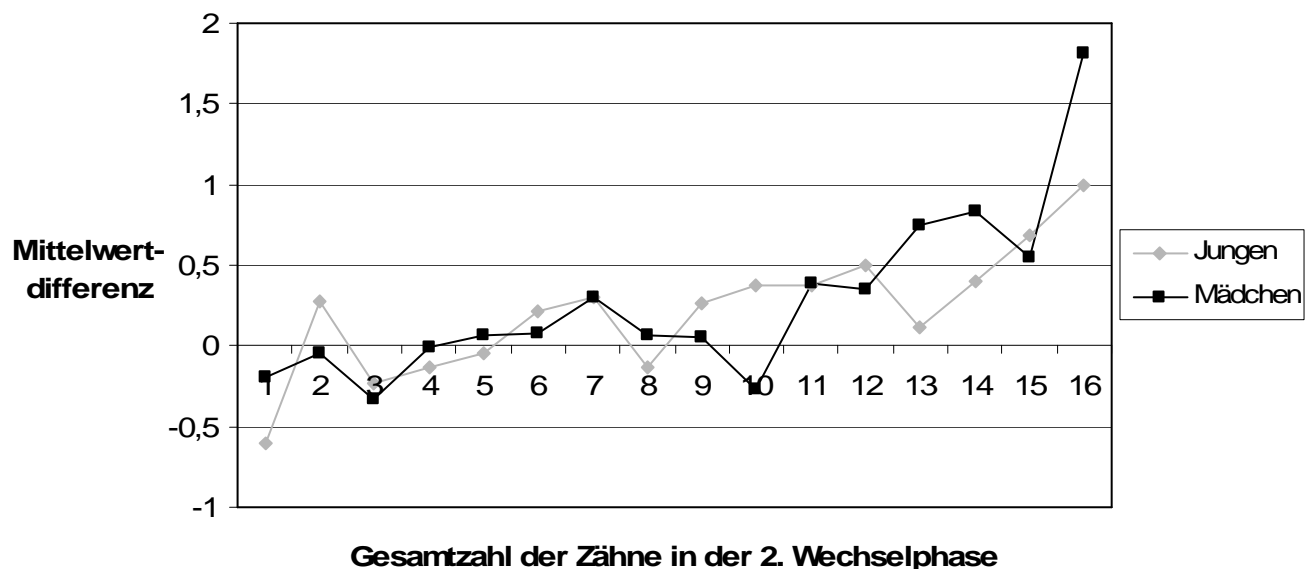


Abbildung 14 Mittelwertdifferenz zwischen Wenzel (2006) und Dibbern bei Jungen und Mädchen

Da zumeist aber die zweiten Molaren als letzte Zähne der zweiten Wechselphase durchbrechen, handelt es bei den signifikanten Unterschieden wahrscheinlich um diese Zähne. Die Länge der Stützzone hat aber keine Auswirkung auf den Durchbruch der zweiten Molaren.

Damit lässt sich festhalten, dass es keinen signifikanten Unterschied macht, wenn man solche Einschluss - Kriterien wie in unserer Studie wählt.

5. Zusammenfassung

Aus den Archiven der kieferorthopädischen Abteilungen des Universitätsklinikums Gießen und Marburg wurden insgesamt 1485 Gebiss – Modelle (686 Jungen, 799 Mädchen) von Probanden in der zweiten Wechselphase entnommen und die Gesamtzahl neu durchgebrochener Zähne bestimmt. Ebenfalls wurde festgestellt, welcher Zahn als erster in der zweiten Wechselphase in die Mundhöhle durchtritt. Festgehalten wurden auch das chronologische Alter und das Geschlecht. Bei der Auswahl der Modelle galten folgende Einschluss – Kriterien: Die Stützzone musste minimal 19mm betragen, es durften keine Nichtanlagen von Zähnen vorhanden sein, es sollten keine größeren kariöse Läsionen vorhanden sein und das Gebiss sollte einer normalen Entwicklung folgen.

Zunächst wurde ermittelt welcher Zahn, sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer, in der 2. Wechselphase als erster durchgebrochen war. Dies konnte nur festgestellt werden, wenn entweder nur ein Zahn pro Kiefer durchgebrochen war oder es aber bei mehreren durchgebrochenen Zähnen anhand der Abstandes der Kronenspitze zur Okklusionsebene möglich war, eindeutig den als Erster durchgebrochenen Zahn zu bestimmen. Die Ergebnisse wurden in Form von Tabellen getrennt für Jungen und Mädchen aufgeführt und mit anderen Studien verglichen.

Für jede Gruppe von Jungen bzw. Mädchen mit gleicher Anzahl an in der zweiten Wechselphase neu durchgebrochenen Zähnen wurde das mittlere chronologische Alter berechnet. Als durchgebrochen zählte dabei ein Zahn, der mit irgendeinem Anteil der Krone die Schleimhautdecke perforiert hat. Die Mittelwerte wurden graphisch mit Werten aus anderen Studien verglichen.

Für eine Teilmenge (n=293) unserer Stichprobe war aus einer vorangegangenen Untersuchung das skelettale Alter bekannt. Der Zusammenhang zwischen chronologischen und skelettalen Alter wurde mit Hilfe von Korrelationsberechnungen untersucht.

Abschließend haben wir das mittlere Alter bei einer bestimmten Anzahl von Zähnen mit einer früheren Untersuchung der Marburger Gebissmodelle verglichen, um zu klären, ob unsere strengeren Einschluss – Kriterien eine Auswirkung auf die Ergebnisse haben.

Ergebnisse dieser Studie:

1. Als erster Zahn in der zweiten Wechselphase ist bei den Jungen im Oberkiefer der erste Prämolare, im Unterkiefer zu gleichen Teilen der Eckzahn oder der erste Prämolare zu erwarten.
2. Bei den Mädchen ist als erster Zahn in der zweiten Wechselphase im Oberkiefer der erste Prämolare, im Unterkiefer der Eckzahn zu erwarten.
3. Bei Jungen aus Nord- und Mittelhessen erstreckt sich die zweite Wechselphase von 10,5 Jahren bis 12,5 Jahren. Daraus lässt sich errechnen, dass alle drei Monate zwei neue Zähne die Schleimhautdecke der Mundhöhle perforieren.
4. Beim Mädchen aus Nord- und Mittelhessen beginnt die zweite Wechselphase mit 10 Jahren und endet mit 12 Jahren. Wie bei den Jungen lässt sich errechnen, dass alle drei Monate zwei neue Zähne in die Mundhöhle durchtreten.
5. Zwischen der Gesamtzahl an in der zweiten Wechselphase durchgebrochenen Zähnen und dem chronologischen Alter besteht ein annähernd linearer Zusammenhang.
6. Die dentale und skelettale Reife zeigen bei Mädchen wie bei Jungen einen deutlichen Zusammenhang mit dem chronologischen Alter.
7. Der deutliche Zusammenhang zwischen dentaler und skelettaler Reife bei Mädchen und Jungen ist dagegen im Wesentlichen auf eine Scheinkorrelation zurückzuführen. Eine partielle Korrelationsberechnung, bei der das chronologische Alter als Störgröße herausgerechnet wurde, ergibt nur einen geringen Zusammenhang zwischen dentaler und skelettaler Reife.
8. Die in dieser Studie im Vergleich zu einer früheren Studie strengeren Einschluss – Kriterien haben keinen signifikanten Unterschied bei den mittleren Durchbruchzeiten zur Folge.

6. Summary

From the archives of the orthodontic departments of the university hospitals Gießen and Marburg, Germany, there were taken 1485 plaster casts from 686 boys and 799 girls. They were in the second transition period of the mixed dentition. The number of new teeth was counted and it was registered which tooth came first. Chronological age as well as gender was known. The following criteria had to be fulfilled: The distance between the canine and the first molar had to be at least 19 mm, a full complement of teeth, no bigger caries lesions and a normal development of the dentition.

First it was established which tooth from the upper and the lower jaw emerged first. This could only be seen if there was either just one tooth per jaw, or the eruption sequence in case of more teeth per jaw could be determined. This was done by comparing the distance from the top of the tooth to the occlusal plane. The results are presented in separate charts for boys and girls and were compared to other studies.

For each group of boys and girls who had the same number of new teeth in the second transition period, the average chronological age was calculated. A new tooth was counted if any part of the tooth had perforated the gums. The results were graphically compared to other studies.

The skeletal age of a subset (n=293) of our sample was known from earlier studies. The correlation between chronological and skeletal age was calculated.

Finally we compared our results with an earlier study from Marburg. We wanted to find out if our stricter selection criteria had an influence on the results.

Results:

1. The first tooth in boys in the second transition is the first premolar in the upper jaw. In the lower jaw it is either the first premolar or the canine tooth.
2. In girls one may expect the first premolar in the upper jaw and the canine tooth in the lower jaw as a first tooth.
3. The second transition period in boys from northern and middle Hesse runs from 10,5 until 12,5 years of age. It was calculated that two new teeth perforate the gums every three months.
4. The second transition period in girls from northern and middle Hesse runs from 10 until 12 years of age. As calculated for the boys, there are two new teeth every three months.
5. There exists a linear relationship between the sum of newly come teeth in the second transition period and the chronological age.
6. The dental and skeletal age of boys and girls is clearly correlated to their chronological age.
7. On the other hand, the obvious coherence between dental and skeletal age of boys and girls is a spurious correlation. A partial correlation controlling for chronological age, showed only minimal coherence on dental and skeletal age.
8. Finally, in this study with its stricter selection criteria, there was no significant difference of the average time of emergence of new teeth compared to an earlier study.

7. Literaturverzeichnis

Berten 1895

Über die chronologische Reihenfolge des Durchbruchs der bleibenden Zähne;
Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde, 13: 266 – 279

Björk A, Helm S 1967

Prediction of the Age of Maximum Pubertal Growth in Body Height;
The Angle orthodontist, 37: 134 – 143

Bühl A, Zöfel P 1998

SPSS Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows;
5. Auflage Addison-Wesley, München

Carlos JP, Gittelsohn AM 1965

Longitudinal Studies of the Natural History of Caries; Eruption Patterns of the Permanent Teeth;
Journal of Dental research, 44: 509 – 516

Clements EMB, Davies-Thomas E, Pickett KG 1953

Time of eruption of permanent teeth in British children in 1947-48;
British Medical Journal, 1: 1421 – 1424

Cleveland 1979

Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatter plots;
Journal of the American Statistical Association, 74: 829 – 836

Cotte FW 1935

Über die Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne bei Schulkindern in einem Gebiet südlich der Harzes;
Zahnmedizinische Dissertation, Universität Göttingen

Dahlberg G, Maunsbach B 1948

The eruption of the permanent teeth in the normal population of Sweden;
Acta genetica et statistica medica, 1: 77 – 91

Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM 1973

A New System of Dental Age Assessment;
Human Biology, 45: 211 – 227

Dibbets JMH 2005

Skript für Studenten der kieferorthopädischen Abteilung
Philipps-Universität Marburg

Dietlein W 1895

Über Zahnwechsel und verwandte Fragen;
Anatomischer Anzeiger, 10: 354 – 357

Drücke CC 2003

Vorstellung und Verifizierung einer modifizierten Methode zur dentalen Altersbestimmung.
Eichung des dentalen und skelettalen Alters für Nord- und Mittelhessen;
Zahnmedizinische Dissertation, Philipps-Universität Marburg

Filipsson R 1975

A new method for assessment of dental maturity using the individual curve of number of erupted permanent teeth;
Annals of human biology, 2: 13 – 24

Greulich WW und Pyle SI 1959

Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist;
Second Edition; Stanford University Press, Stanford, California

Hägg U, Taranger J 1985

A longitudinal study of the timing of tooth emergence in Swedish children from birth to 18 years;
The Angel Orthodontist, 55: 93 – 107

Hartung J, Elpelt B, Klösener KH 1999

Statistik Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik;
12. Auflage R. Oldenbourg Verlag München Wien

Hassel B, Fahrman AG 1995

Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae;
American Journal of Orthodontic, 107: 58 – 66

Hellmann M 1923

Nutrition, Growth and Dentition;
The Dental Cosmos, 65: 34 – 49

Janson I 1970

Die mittleren Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne des Menschen;
Zahnmedizinische Dissertation, Universität München

Korkhaus G 1929

Die erste Dentition und der Zahnwechsel im Lichte der Zwillingsforschung;
Monatsschrift für Zahnheilkunde, 45: 414 – 430

Koshy S, Tandon S 1998

Dental age assessment: The applicability of Demirjian's method in South Indian children;
Forensic Science International, 94: 73 – 85

Lamparski DG 1972

Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae
Medizinische Dissertation, University of Pittsburgh

Lewis AB 1991

Comparisons between dental and skeletal age;
The Angle Orthodontist, 61: 87 – 92

Lilliequist B, Lundberg M 1971

Skeletal and Tooth Development;
Acta Radiologica Diagnosis, 11: 97 – 112

Moorrees CFA, Kent RL 1978

A Step function model using tooth counts to assess the developmental timing of the dentition;
Annals of human Biology, 5: 55 – 68

Nolla CM 1960

The Development of the Permanent Teeth;
Journal of Dentistry for Children, 27: 254 – 266

Nyström M, Kleemola-Kujala E, Evälahti M, Peck L, Kataja M 2001

Emergence of permanent teeth and dental age in a series of Finns;
Acta Odontologica Scandinavica, 59: 49 – 56

Pancherz H, Szyska M 2000

Analyse der Halswirbelkörper statt der Handknochen zur Bestimmung der skelettalen und somatischen Reife;
Informationen aus Orthodontie und Kieferorthopädie, 2: 151 – 161

Prahl-Andersen B, van der Linden FPGM 1972

The Estimation of Dental Age;
Transactions of the European Orthodontic Society, 48: 604 – 606

Röse 1909

Nach Cotte 1935
Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde 27: 553 – 570

Schopf P 1984

Die Bedeutung des skelettalen und dentalen Alters für die Auswahl des kieferorthopädischen Behandlungssystems;
Fortschrittliche Kieferorthopädie, 45: 24 – 32

Unglaube A 1924

Die normalen Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne;
Medizinische Dissertation, Universität Göttingen

Wedl JS, Schroder V, Friedrich RE 2004

Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne bei Jungen und Mädchen in Niedersachsen;
Archiv für Kriminologie, 213: 84 – 91

Wenzel C 2006

Zeitliche Abfolge der 2. Dentition bei Kindern in Mittelhessen
Zahnmedizinische Dissertation, Philipps-Universität Marburg

8. Anhang

Tabelle A1: Kreuztabelle für die Variable „erster durchbrechender Zahn“ und der Geschlechtszugehörigkeit für den Oberkiefer

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Oberkiefer	3	Anzahl	16	17	33
		Erwartete Anzahl	16,5	16,5	33,0
		% von gend	8,1%	8,6%	8,4%
	4	Anzahl	176	174	350
		Erwartete Anzahl	175,4	174,6	350,0
		% von gend	88,9%	88,3%	88,6%
	5	Anzahl	6	6	12
		Erwartete Anzahl	6,0	6,0	12,0
		% von gend	3,0%	3,0%	3,0%
Gesamt		Anzahl	198	197	395
		Erwartete Anzahl	198,0	197,0	395,0
		% von gend	100,0%	100,0%	100,0%

Chi – Quadrat Test nach Pearson für den Oberkiefer:

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz
Chi-Quadrat nach Pearson	0,04	2	0,981
Anzahl der gültigen Fälle	395		

Tabelle A2: Kreuztabelle für die Variable „erster durchbrechender Zahn“ und der Geschlechtszugehörigkeit für den Unterkiefer

			Geschlecht		Gesamt
			männlich	weiblich	
Unterkiefer	3	Anzahl	76	125	201
		Erwartete Anzahl	97,2	103,8	201,0
		% von gend	47,5%	73,1%	60,7%
	4	Anzahl	76	43	119
		Erwartete Anzahl	57,5	61,5	119,0
		% von gend	47,5%	25,1%	36,0%
	5	Anzahl	8	3	11
		Erwartete Anzahl	5,3	5,7	11,0
		% von gend	5,0%	1,8%	3,3%
Gesamt		Anzahl	160	171	331
		Erwartete Anzahl	160,0	171,0	331,0
		% von gend	100,0%	100,0%	100,0%

Chi – Quadrat Test nach Pearson für den Unterkiefer:

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz
Chi-Quadrat nach Pearson	23,03	2	0,000
Anzahl der gültigen Fälle	331		

Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren der Universität Marburg an der Lahn:

Aumüller, Austermann, Cetin, Coca, Daut, Dibbets, Feuser, Flores de Jacoby, Folz, Gente, Gloerfeld, Hasilik, Holzheidt, Kohlmann, Höffken, Lehmann, Lill, Lotzmann, Lohoff, Mengel, Mittag, Pieper, Plant, Radsak, Ramaswamy, Röhm, Seitz, Sonntag, Stachniss, Stoll, Suske, Umstadt, Weihe, Werner.

Danksagung

Besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. J.M.H. Dibbets, Leiter der Abteilung für Kieferorthopädie am medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Marburg, nicht nur für die Überlassung des Dissertationsthemas, sondern viel mehr wegen seiner großen Unterstützung bei der Arbeit. Seine freundliche, interessierte Art und sein bei Fragen immer offenes Arbeitszimmer waren eine große Hilfe bei der Bearbeitung des Themas.

Ein ebenfalls großer Dank gilt Herrn Dr. Bernd Müller, der mit seiner geduldigen Art die Doktoranden wieder und wieder in die Tiefen der EDV einführt. Aber auch bei allen anderen Fragen war er immer ansprechbar und hatte schnell eine Lösung des Problems parat.

Vielen dank auch an alle anderen Mitarbeiter der Abteilung für Kieferorthopädie am medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Marburg für ihre stets freundliche und hilfsbereite Art.

Herrn Pancherz, Leiter der Abteilung für Kieferorthopädie an der Universität Gießen, und seinen Mitarbeitern gebührt für die Bereitstellung des Archivs und deren nette und zuvorkommende Art ebenfalls Dank.

Im Besonderen danke ich meinen Eltern, die mich immer unterstützt haben und die mich immer unterstützen werden! Ebenfalls danke ich meinen drei Schwestern – ihr seid wunderbar!

Nicht zuletzt danke ich meiner Freundin Theresa für alles! Du bist eine große Stütze in meinem Leben.