

Aus der Klinik für Kieferorthopädie
(Direktor: Prof. Dr. med. dent. Helge Fischer-Brandies)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**DIE INTERAKTION DER VERLAGERUNG DES
OBEREN CANINUS MIT DER DYSGNATHEN
ENTWICKLUNG DES OBER- UND
UNTERKIEFERS**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

LILIAN MARIA SPERLICH

aus Hamburg

Kiel 2009

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Fischer-Brandies
2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Dr. Warnke
Tag der mündlichen Prüfung: 5. Oktober 2009
Zum Druck genehmigt, Kiel, den 5. Oktober 2009

gez.: Prof. Dr. Acil
(Vorsitzender der Prüfungskommission)

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG	8
2	MATERIAL UND METHODE	10
2.1	AUSWAHL DER RÖNTGENBILDER	10
2.1.1	Auswertung der Panoramaschichtaufnahmen nach Dausch-Neumann	12
2.1.2	Fernröntgenseitenbilder	15
2.1.2.1	<i>Computer-unterstützte Auswertung mit Orthometric®</i>	15
2.1.2.2	<i>Auswertungsmethode nach Ericson und Kurol</i>	21
2.1.2.3	<i>Formulierung der Hypothesen</i>	22
2.2	STATISTISCHE AUSWERTUNGEN	23
2.3	BESTIMMUNG DER MESSFEHLER	23
2.4	BESTIMMUNG DER ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN DEN VARIABLEN	25
2.5	BESTIMMUNG SIGNIFIKANTER UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN VARIABLEN	25
3	ERGEBNISSE	26
3.1	IDENTIFIKATION DER VERLAGERUNG DES OBEREN CANINUS	26
3.2	ERGEBNISSE DER DESKRIPTIVEN STATISTIK	26
3.3	ERGEBNISSE DER MESSFEHLERBESTIMMUNG	29
3.4	HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER MERKMALE (HYPOTHESEN)	31
3.5	BIVARIATE STATISTIK	37
3.5.1	Korrelationskoeffizient nach Spearman	37
3.5.1.1	<i>Korrelationen der Eckzahnwinkel mit Patientenalter und Geschlecht</i>	37
3.5.1.2	<i>Korrelationen der Eckzahnwinkel mit den hypothesenbezogenen Winkeln</i>	38
3.5.1.3	<i>Korrelationen der Eckzahnwinkel mit den nicht hypothesenbezogenen Winkeln</i>	39
3.5.1.4	<i>Korrelationen der nicht hypothesenbezogenen Winkel untereinander</i>	40
3.5.2	Ermittlung der statistischen Zusammenhänge mittels t-Test	40
4	DISKUSSION	43
4.1	METHODISCHE ASPEKTE	43
4.1.1	Einzeichnung der kephalometrischen Referenzpunkte	43
4.1.2	Zur Qualität der Röntgenbilder	44
4.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	45
4.3	VERGLEICH MIT BISHERIGEN UNTERSUCHUNGEN	45
4.4	BEWERTUNG DER AUSWERTUNGSMETHODEN	47
4.5	SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK	47
5	ZUSAMMENFASSUNG	49
6	LITERATURVERZEICHNISS	51
7	ANHANG	53
8	DANKSAGUNG	58
9	LEBENS LAUF	59

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abw.	Abweichung
Björk	Summenwinkel nach Björk
d	Abstand des Eckzahnes zur Okklusionsebene
Interinzisal	Interinzisalwinkel
MW	Mittelwert
mSv	Millisievert
N	Anzahl
NV	nicht verlagert, Patienten ohne Eckzahnverlagerung
OK	Oberkiefer
Status D	Status der Gebissentwicklung
STD	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
UK	Unterkiefer
V	verlagert, Patienten mit Eckzahnverlagerung
V. Ges.	Gesichtshöhenverhältnis
v(X)	Schiefe
vs.	(= versus) gegen
*	statistisch signifikant
\tilde{x}	Median
α	Signifikanzniveau, Korrelationsniveau
δ	Delta, Winkel des Eckzahnes zur Okklusionsebene im Fernröntgen- seitenbild

1 Einleitung

Die Verlagerung des oberen Eckzahnes und dessen Einordnung in den Zahnbogen stellt eine der wesentlichen Herausforderungen der kieferorthopädischen Diagnostik und Therapie dar. Sowohl unter ästhetischen als auch unter funktionellen und statischen Gesichtspunkten wird dem Eckzahn in der Zahnmedizin und der Kieferorthopädie besondere Bedeutung beigemessen. Aus diesen Gründen stellen die frühe Diagnose der Eckzahnverlagerung und die richtige Einschätzung der notwendigen Therapie wichtige Eckpfeiler zahnärztlich-kieferorthopädischen Handelns dar.

Der Eckzahn bildet den Übergang zwischen Front- und Seitenzähnen. Dewel [11] unterstrich bereits 1947 die Notwendigkeit des oberen Eckzahnes und sah hierin einen Zusammenhang zu der verhältnismäßig seltenen Aplasie dieses Zahnes. Als Gegenstück dazu stellte er den am häufigsten verlagerten dritten Molaren heraus, der „relativ unwichtig“ und gelegentlich nicht angelegt sei.

Funktionell übernimmt der Eckzahn im Sinne der sogenannten Eckzahnführung eine wichtige Rolle. Diese wird, wenn möglich, als Okklusionskonzept angestrebt. Bei der eckzahngeschützten Okklusion kommt es insbesondere bei Laterotrusion nur an Ober- und Unterkiefereckzähnen zu Okklusionskontakten. Durch dieses Diskludieren werden die Front- und Seitenzähne vor nicht-axialen Schubkräften geschützt, welche auf den Eckzahn selbst aufgrund seiner Stabilität nur wenig Einfluss haben [29].

Im Erwachsenenalter wirkt sich ein Fehlen des Eckzahnes ungünstig auf eine eventuell notwendige prothetische Versorgung aus, da dieser als längster und wenig kariesanfälliger Zahn eine zuverlässige Verankerung bietet, z.B. für eine von beiden Eckzähnen getragene Konuskronenprothese.

Aufgrund von Nichtanlagen, in diesem Fall des seitlichen Schneidezahnes, oder einer verspäteten Entwicklung des nachfolgenden Zahnes kann eine Persistenz des Milcheckzahnes mit daraus folgender Verlagerung des bleibenden Eckzahnes auftreten [2]. Die Bezeichnungen „Retention“ und „Verlagerung“ werden oft gleichsinnig gebraucht, obwohl sie zwei verschiedene Zustände darstellen. Eine „Verla-

gerung“ bedeutet eine Abweichung vom Platz oder in der Achsenrichtung. Unter dem Begriff „Retention“ versteht man den „Zustand eines Zahnes, der in annähernd richtiger Lage und Richtung im Kiefer über seine normale Durchbruchzeit hinaus eingeschlossen bleibt“ [18]. Als Ursachen der Retention oder Verlagerung sind neben der primären Verlagerung der Zahnkeime vor allem Behinderungen des Zahndurchbruchs möglich. Außerdem spielen Verdrängungen durch Traumata wie Kieferbrüche oder andere Erkrankungen und auch Vererbung eine Rolle. Ein bleibender Zahn mit verspätetem Durchbruch (Spätanlage) ist ein noch nicht durchgebrochener Zahn mit fast vollständigem Wurzelwachstum [2], welcher seinen „normalen“ Durchbruchzeitpunkt um mehr als ein Jahr überschritten hat.

Nach den Weisheitszähnen (im Oberkiefer mit 21,9 % und im Unterkiefer mit 17,5 % [9]) ist der obere Eckzahn der am häufigsten retinierte Zahn. Die Prävalenz der Eckzahnverlagerung wird in der Literatur mit unterschiedlichen Werten angegeben; sie liegt zwischen 1 % und 3 %. In einer Arbeit von 1961 nennen Dachi et al. [9] eine Häufigkeit von 0,92 %. Auch über die Geschlechterverteilung der Eckzahnverlagerung besteht Uneinigkeit. Während einige Autoren anführen, dass weibliche Patienten im Verhältnis 2,5 : 1 häufiger davon betroffen seien als männliche [3], stellen Oliver et al. [23] heraus, dass weibliche Patienten vor allem aufgrund von ästhetischer Beeinträchtigung des zu kleinen Milcheckzahnes den Kieferorthopäden aufsuchen. Becker et al. [3] geben als Ursache der ungleichen Verteilung die bei Mädchen häufiger zu kleinen oder fehlenden seitlichen Schneidezähne an, welche die Entwicklung des Eckzahnes in besonderer Weise beeinflussen.

Der obere Eckzahn ist entweder palatinal oder labial verlagert bei einem Verhältnis von 85 % zu 15 % [12]. Auch eine Verlagerung innerhalb des Zahnbogens ist möglich (alveolär). Ebenfalls ist eine ethnische Disposition nachweisbar. Oliver et al. [23] zeigen, dass die palatinale Verlagerung in der kaukasischen Population am häufigsten ist, während in der orientalischen Bevölkerung der Eckzahn aufgrund von Platzmangel eher bukkal liegt. Die bilaterale Verlagerung wird in der Literatur mit einer Häufigkeit zwischen 17 % und 45 % angegeben [24]. Eine Studie von Al-Nimri und Gharaibeh [1] ergibt, dass die palatinale Eckzahnverlagerung am häufigsten bei Patienten der Angle-Klasse II/2 auftritt. Weniger die sagittale Okklusionsanomalie, sondern das vermehrte Platzangebot durch Labialkippung der

Frontzähne scheint dabei eine Rolle zu spielen. Das Risiko der Eckzahnverlagerung ist für Patienten mit Deckbiss erhöht [20].

Der Eckzahn legt während seiner Entwicklung die weiteste Strecke zurück. Nach Coulter und Richardson [8] beträgt dieser komplizierte Weg zwischen 5. und 15. Lebensjahr 22 mm in allen drei Raumebenen. Dewel [11] stellt fest, dass es eigentlich äußerst überraschend sei, dass der Eckzahn bei so vielen Möglichkeiten des Abweichens vom ursprünglichen Weg doch so häufig seine normale Position im Zahnbogen findet.

Der kurvenförmige Durchbruchsweg beginnt mit einer Schrägstellung beim 6- bis 8-jährigen Kind und geht in eine Aufrichtung in den Zahnbogen über [10]. 1941 beschrieb Broadbent [4] den Durchbruchsweg bleibender Zähne. Im Alter von einem Jahr zum Zeitpunkt des Milchmolarendurchbruchs beginnt die Kalzifikation der Eckzahnkrone zwischen den Wurzeln des ersten Milchmolars. Im siebten Lebensjahr ist die Kalzifikation der permanenten Eckzähne abgeschlossen; allerdings liegen sie immer noch an ihrem Ursprungsort.

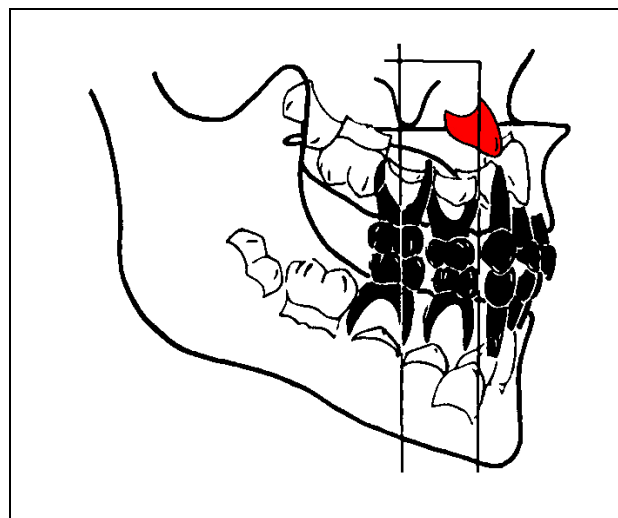


Abb. 1.1: Lage des Eckzahnes (rot markiert) im fünften Lebensjahr nach Broadbent [4].

In der physiologischen Zahnentwicklung zeigt sich das von Broadbent beschriebene „ugly duckling“-Stadium, welches etwa drei bis vier Jahre anhält und seinen Höhepunkt ungefähr im 10. Lebensjahr entwickelt. Er wählte diese Bezeichnung

für die typische Stellung des oberen seitlichen Schneidezahnes vor Durchbruch des Eckzahnes. Aufgrund eines zu geringen Platzangebots innerhalb der apikalen Basis der Maxilla in der Region der vorderen Schneidezähne werden die Wurzeln dieser zusammengehalten. Ebenfalls wirkt ein distaler Druck auf die Schneidezähne, wodurch sich die Schneidezähne auffächern. Es bildet sich ein mediales Diastema.

Mit Wachstum der regio subnasalis wandert der Eckzahn von der Wurzel des zweiten Schneidezahnes nach anterior, kaudal und lateral, bis er sich schließlich zwischen Schneidezahn und erstem Prämolaren einordnet und dabei die beiden Nachbarzähne achsengerecht einstellt. Somit hebt er das „ugly duckling“-Stadium zugunsten einer Frontzahnstellung mit interapproximalem Kontakt auf.

In der Literatur werden Durchschnittswerte für den Zeitpunkt des Durchbruchs des oberen Eckzahnes angegeben: diese liegen für Mädchen bei 10 Jahren und 7 Monaten bei einer Standardabweichung von 1,16 Jahren und für Jungen bei 11 Jahren und 2 Monaten mit einer Standardabweichung von 1,68 Jahren [26].

Die Theorien der palatinalen Verlagerung werden kontrovers diskutiert. Der lange und komplizierte Durchbruchsweg des Eckzahnes vom Boden der Orbita wird als mögliche Ursache der Verlagerung angesehen [4]. Dass ein Engstand für die Verlagerung des Eckzahnes verantwortlich ist, konnte in aktueller Literatur nicht nachgewiesen werden [19]. Die ausbleibende Resorption der Milcheckzahnwurzel kann die Entwicklung des bleibenden Zahnes beeinflussen, weshalb als Therapieoption die Extraktion des Milchzahnes vorgeschlagen wird [12].

Eine besondere Bedeutung bei der Entwicklung des Eckzahnes wird dem seitlichen Schneidezahn zugewiesen. Als Führungsschiene hilft er dem Eckzahn bei der korrekten Einordnung in den Zahnbogen, wobei der Eckzahn an der distalen Seite des Schneidezahnes entlang gleitet. Durch ein Trauma mit Schädigung des Schneidezahnes kann dieser die Leitfunktion nicht übernehmen; gleiches gilt bei zapfenförmigen oder zu kleinen seitlichen Schneidezähnen [3]. Es zeigt sich eine familiäre Häufung der Eckzahnverlagerung [24], ebenso tritt sie mit Verlagerung anderer Zähne auf [20].

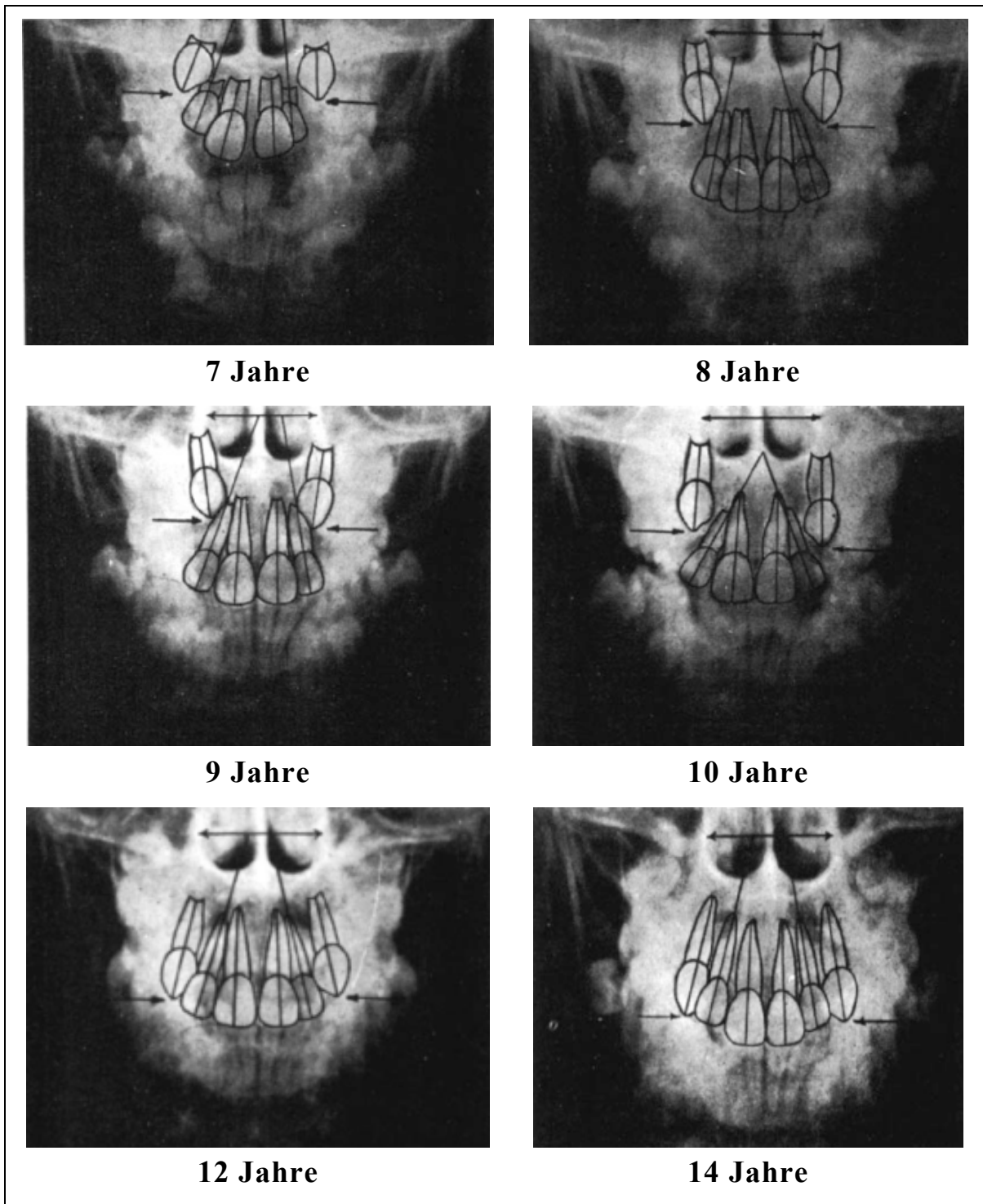


Abb. 1.2: Der Durchbruchsweg des bleibenden Eckzahnes mit „ugly duckling“-Stadium nach Broadbent [4].

Die weitaus seltener auftretende labiale Verlagerung des Eckzahnes stellt nach Peck et al. ein komplett anderes Phänomen dar [24]. Im Gegensatz zur palatinalen Verlagerung ist ein inadäquates Platzangebot Ursache der labialen Verlagerung. Labial verlagerte Eckzähne brechen meist hoch im Alveolarfortsatz durch.

Da bei persistierenden Milcheckzähnen das Fehlen des bleibenden Zahnes dem Laien nicht gleich ins Auge fällt und der verlagerte Eckzahn im Gegensatz zum Weisheitszahn meist keine Beschwerden verursacht, wird die Diagnose des verlagerten Eckzahnes häufig erst vom Zahnarzt oder Kieferorthopäden gestellt. Weil der Eckzahn etwa ein bis eineinhalb Jahre vor seinem Durchbruch bukkal über dem Milcheckzahn zu tasten ist, empfiehlt sich eine Palpation der bukkalen und palatinalen Schleimhaut. Eine Asymmetrie zwischen rechtem und linkem Eckzahn deutet auf eine mögliche Verlagerung und / oder Retention hin. Ist bei einem Patienten im Alter von über zehn Jahren der bleibende Eckzahn klinisch nicht sichtbar und ebenso nicht palpierbar, sollten weitere diagnostische Maßnahmen ergriffen werden [13]. Eine Beweglichkeit des Milcheckzahnes spricht dafür, dass dieser in Kürze ausfallen wird und der Nachfolger vor dem Durchbruch steht. Sollte dem Behandler eine Störung des „ugly duckling“-Mechanismus, zapfenförmige seitliche Schneidezähne oder Lingualkippung der seitlichen Schneidezähne auffallen, muss von einer Verlagerung ausgegangen werden [2]. Obwohl ein distales Abkippen des seitlichen Schneidezahnes im Wechselgebiss vor dem Durchbruch des bleibenden Eckzahnes häufig ist, sollte bei stark gekippten Schneidezähnen der Verdacht einer Verlagerung überprüft werden. In diesem Fall wäre eine Krafteinwirkung des verlagerten Eckzahnes auf die Wurzel des Schneidezahnes der Grund für die Lageänderung. Auch eine Rotation des Schneidezahnes sowie ein palatinales Abkippen der Schneidezahnkrone aufgrund eines verlagerten Eckzahnes sind möglich [25].

Neben Inspektion und Palpation geben Röntgenaufnahmen genaueren Aufschluss über den Grad der Verlagerung. Die Panoramaschichtaufnahme bietet als Übersichtsaufnahme eine Darstellung aller Zähne und beider Kiefer bei einer geringen Strahlenexposition von etwa 0,021 mSv. Nachteilig wirken sich unterschiedlich stark ausgeprägte horizontal sichtbare Verzerrungsfaktoren im Front- und Seitenzahnbereich sowie Positionierungsfehler aus, die die Aussagekraft der Aufnahme einschränken können. Dausch-Neumann [10] zeigte, dass mit Hilfe eines Orthopantomogramms und einer von ihr vorgestellten Auswertungsmethode aussagekräftige Informationen über das Ausmaß der Verlagerung getroffen werden können.

In der Klinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel wird die Panoramaschichtaufnahme durch eine Oberkieferaufbissaufnahme ergänzt und somit die dreidimensionale Lage des Zahnes bestimmt.

Das Fernröntgenseitenbild (FRS), eine seitliche Aufnahme des Schädels, stellt ein wichtiges diagnostisches Analyseverfahren der Kieferorthopädie dar. Für die Behandlungsplanung erfolgt unter anderem die Bestimmung von Wachstumstendenzen, Kiefer- und Knochenrelationen sowie der Frontzahnachsen. Als Kephalometrie (griechisch: „kephale“ = Kopf; „metron“ = Maß) bezeichnet man die Vermessung des Schädels. Es werden Bezugspunkte definiert, darunter anatomische sowie röntgenologische und konstruierte Punkte, die anschließend durch Linien verbunden werden. Die sich ergebenden Winkel können mit Standardwerten verglichen und dadurch Rückschlüsse auf Fehlstellungen, d. h. Abweichungen von der Norm gezogen werden. In der vorliegenden Studie wurden die Röntgenaufnahmen nach Segner / Hasund [27] bzw. Jarabak [22] ausgewertet. Erweitert wurde diese Analyse durch eine Methode von Ericson und Kurol [14].

Behandlungszeitpunkt und Art der Therapie werden durch den Grad der Zahnentwicklung zum Zeitpunkt des Ausgangsbefundes festgelegt. Bei frühzeitiger Diagnose können einfache präventive Maßnahmen wie die Extraktion von Milchzähnen Abhilfe schaffen. Der Durchbruch der bleibenden Eckzähne soll auf diese Weise gefördert werden. Von Vorteil sind dabei ein günstiger Winkel des Eckzahnes zum seitlichen Schneidezahn sowie ein Patientenalter zwischen 10 - 13 Jahren [12]. Versprechen diese Therapieoptionen keinen Erfolg, wird eine aufwändigere Behandlung notwendig. Nach kieferchirurgischer Freilegung und Platzieren eines Attachments auf dem impaktierten Zahn kann dieser aktiv in den Zahnbogen eingegliedert werden. Alternativ besteht die Möglichkeit der chirurgischen Entfernung des verlagerten Zahnes und des anschließenden prothetischen Lückenschlusses.

Ein verlagertes und nicht diagnostizierter, somit unbehandelter Eckzahn, kann zu weitreichenden Komplikationen führen. Neben zystischen Veränderungen des impaktierten Eckzahnes aufgrund von Karies des Milcheckzahnes sind die Resorption und damit Auflösung der Nachbarzahnwurzel durch Druck sowie des Eckzahnes selbst gravierende Probleme. Nach Auflösung des Schmelzepithels verliert der

Zahn den Schutz vor osteoklastischer und osteoblastischer Aktivität, wodurch es zu einer Ersatzresorption mit Umbau des Schmelzes im Knochen kommt [2].

1.1 Zielsetzung und Fragestellung

Der bei bis zu 3 % der Bevölkerung verlagerte obere Eckzahn bedarf einer besonderen kieferorthopädischen Betrachtung.

In früheren Arbeiten beschäftigten sich mehrere Autoren mit der Fragestellung, wie verlagerte Eckzähne auf Röntgenbildern zu diagnostizieren und genauere Informationen über deren Zusammenhänge zu gewinnen seien. Ericson und Kurol [14] nutzten die Möglichkeit, spezielle Sektoren auf Panoramaschichtaufnahmen sowie Aufbissaufnahmen festzulegen. Sie ordneten als verlagert geltende Eckzähne diesen Sektoren zu und beobachteten deren Entwicklung nach Extraktion der Milcheckzähne. Auch Warford et al. [30] machten Gebrauch von der Methode mit Sektoren und Angulation; dabei dienten die Kondylen als Referenzpunkte. Ebenfalls wurde der Winkel zwischen Eckzahnachse und apertura piriformis bestimmt sowie dessen Einfluss auf den Durchbruchsweg des Eckzahnes untersucht [31]. Al-Nimri und Gharaibeh [1] führten Platzanalysen und Untersuchungen zur Okklusion durch und stellten diese in Relation zur Eckzahnverlagerung. Ebenso wurde der Zusammenhang der Verlagerung zu Zahnbogenhöhe und Zahnbogenlänge getestet [21].

Die in dieser Studie angewandte Analyse zur Positionierung des Eckzahnes nach Dausch-Neumann fand bereits in mehreren Arbeiten Anwendung. Grande et al. [16] untersuchten den Zusammenhang zwischen Verlagerungsgrad und der notwendigen Behandlungsdauer zur Einstellung des Eckzahnes in den Zahnbogen. Eine Studie, welche ebenfalls diese Auswertungsmethode als Grundlage nutzt, findet dentale Anomalien (Hypoplasie, Zapfenform oder Nichtanlage der seitlichen Schneidezähne, Verlagerung und Nichtanlage weiterer Zähne sowie den Deckbiss), die häufig mit der palatinalen Eckzahnverlagerung vergesellschaftet sind [20]. Stahl und Grabowski [28] wählten die Methode nach Dausch-Neumann und stellten die besondere Bedeutung seitlicher Schneidezähne für den Eckzahn

heraus. Eine Arbeit bestimmt den Winkel verlagerter Eckzähne vor und nach Behandlungsbeginn [17].

In dieser röntgenologischen Studie wurde untersucht, ob die Eckzahnverlagerung mit dentalen Anomalien, Fehlstellungen im Oberkiefer oder skelettalen Parametern aus der Fernröntgenseitenbildaufnahme wie dem Wachstumsmuster und der Frontzahninklination assoziiert ist. Weiterhin wurde geprüft, ob es möglich ist, diese Durchbruchsstörung mit Hilfe von Röntgenbildern frühzeitig zu diagnostizieren. Es sollte geklärt werden, ob und wenn ja, welcher Zusammenhang zwischen Dysgnathien und dem Auftreten der Verlagerung des Eckzahnes besteht. Hierbei wurden Risikofaktoren der Eckzahnverlagerung gesucht.

2 Material und Methode

2.1 Auswahl der Röntgenbilder

Als Grundlage für die vorliegende Untersuchung wurden Panoramaschichtaufnahmen und Fernröntgenseitenbilder gewählt. Diese beiden Röntgentechniken bilden zwei verschiedene Ebenen ab und ermöglichen es somit, die Position der Eckzähne in mesio-distaler und oro-vestibulärer Richtung detailliert festzulegen. Während sich die Panoramaschichtaufnahme als eine tomographische Röntgenaufnahme darstellt, welche die Möglichkeit bietet, die Frontalebene zu beurteilen, kann mit Hilfe der Fernröntgenseitenbildaufnahmen, welche die Sagittalebene abbilden, die kephalometrische Vermessung des Gesichtsschädels durchgeführt werden. Es besteht die Option, vermessene Winkel mit Standardwerten zu vergleichen und somit Rückschlüsse auf Anomalien, Fehlstellungen und dysgnathe oder dystopische Entwicklungen im Ober- und Unterkiefer zu ziehen.

Die Recherche der Röntgenbilder erstreckte sich auf das Röntgenarchiv der Klinik für Kieferorthopädie, das zentrale Röntgenarchiv des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und den Röntgenserver des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel. Randomisiert wurden 300 Patientenakten der Jahrgänge 1998 bis 2007 aus der Klinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel ausgewählt. Hierbei wurden Röntgenbilder von Patienten unter 6 Jahren und von Probanden ausgeschlossen, bei denen der Zahnwechsel vollständig abgeschlossen war (permanentes Gebiss). Ebenso wurden keine Röntgenbilder von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten oder mit nicht angelegten seitlichen Schneidezähnen in die Studie aufgenommen. Ein maximaler Zeitraum von sechs Monaten zwischen den beiden Röntgenaufnahmen stellte eine weitere Voraussetzung zur Aufnahme des Patienten und seiner Röntgenbilder in die Auswertung dar. Somit wurden jeweils eine Panoramaschichtaufnahme sowie ein Fernröntgenseitenbild von 130 Patienten der kieferorthopädischen Klinik des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel einbezogen. Die Aufnahmen stammen von 67 weiblichen und 63 männlichen Patienten.

Die Panoramaschichtaufnahmen wurden entweder mit den Röntgengeräten Orthoralix 9200® der Firma Gendex oder dem Orth Oralix (FD)® der Firma Philips angefertigt. Zur Herstellung der Fernröntgenseitenbilder kam der Orthopanto-

magraph 10E® der Firma Siemens zum Einsatz. Bis Oktober 2005 wurden die Röntgenbilder in der Röntgenabteilung der Zahn-, Mund- und Kieferklinik analog hergestellt und entwickelt. Es folgte danach eine Umstellung auf die indirekt digitale Röntgentechnologie. Hierbei wird bei der Aufnahme eine Speicherfolie der Firma Kodak eingesetzt, die anschließend in einem Scanner (Kodak DirectView CR850®) eingelesen wird. Einige der Röntgenbilder, die nicht bereits auf dem MagicWeb-Röntgenserver des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel oder dem lokalen Server der kieferorthopädischen Klinik als digitale Bitmap-Dateien vorlagen, mussten nachträglich mit dem Scanner Epson Expression 1600 Pro® digitalisiert werden.

Zur Auswertung der Röntgenbilder wurde die Computersoftware Orthometric® der Firma 3Dent-Sistemas Dentales in der Version 3.2B genutzt. Die gesammelten 260 Röntgenbilder wurden im Bitmap-Format in das Programm übertragen. Aus Datenschutzgründen wurde den Patienten eine fiktive Aufnahme Nummer von 77000 aufsteigend zugeordnet. Geschlecht der Patienten sowie das Geburtsdatum wurden exakt in die Tabelle übernommen, um das korrekte Alter zum entsprechenden Röntgendatum ermitteln zu können. Da die Fernröntgen seitenaufnahmen im Gegensatz zum menschlichen Schädel einen Vergrößerungsfaktor von ungefähr 7 % aufweisen, wurden diese vor der Auswertung skaliert.

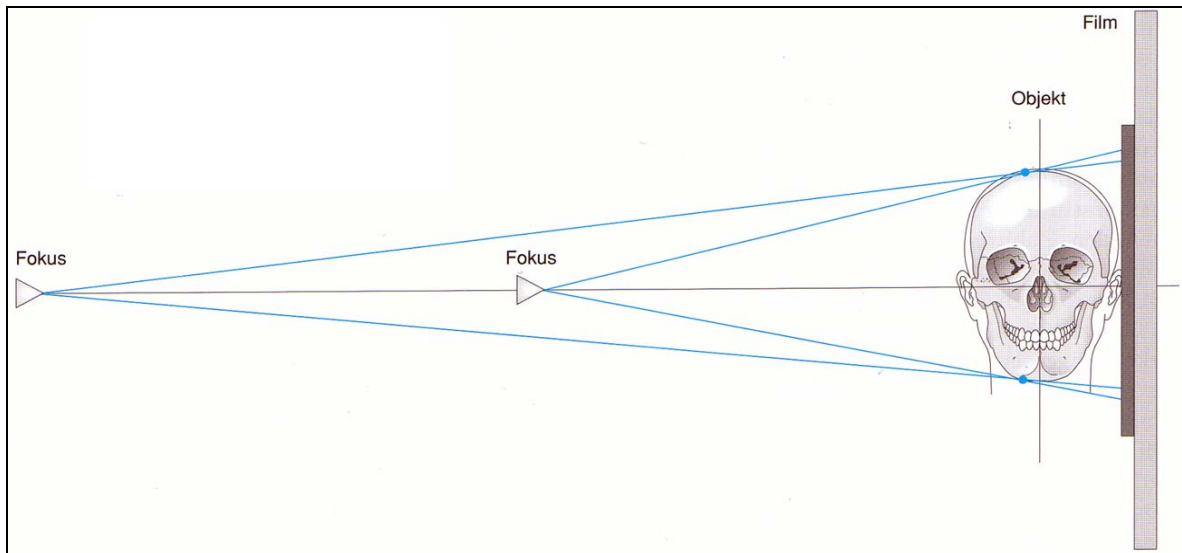


Abb. 2.1: Durch die Vergrößerung des Fokus-Film-Abstandes kann die Divergenz des Strahlenbündels und damit der Vergrößerungsfaktor stark herabgesetzt werden. Zur Erzielung einer optimalen Abbildungsqualität muss der Kopf bei der Aufnahme möglichst nah an der Filmebene angeordnet werden. Der international festgelegte Fokus-Film-Abstand beträgt 1,5 m.

2.1.1 Auswertung der Panoramaschichtaufnahmen nach Dausch-Neumann

Die Panoramaschichtaufnahmen wurden nach einer von Frau Professor Dausch-Neumann [10] im Jahre 1970 vorgestellten Methode ausgewertet. Hierbei wird eine Verbindungslinie zwischen den distobukkalen Höckern der beiden Oberkiefermolaren angelegt, die als Okklusionsebene fungiert. Anschließend werden Apex und Spitze der Oberkiefer Eckzähne mit einer Linie verbunden, die bis zur Okklusionsebene verlängert wird. Die sich dabei darstellenden Innenwinkel für beide Eckzähne wurden gemessen und in eine mittels Microsoft Excel 2003® generierte Tabelle übertragen. Die Tabelle berücksichtigt weiterhin das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahmen und eine Einteilung der Patienten in drei Gruppen, im Folgenden als Status D bezeichnet, welche im Gegensatz zum chronologischen Alter den Status der Zahnentwicklung und somit eine jeweils charakteristische Stellung der Eckzähne verdeutlicht.

Anders als in der hier beschriebenen Auswertungsmethode erfolgte zu diesem Zeitpunkt die visuelle Unterteilung der Patienten in solche mit und ohne Eckzahnverlagerung. Diese wurde optisch anhand der Röntgenbilder von einem erfahrenen Kieferorthopäden durchgeführt.

Die erste Gruppe umfasst Patienten, bei denen der 1. Molar und die mittleren Schneidezähne sich bereits in ihrer Position eingestellt haben und der Wechsel des seitlichen Schneidezahnes beginnt. Während die Krone der Eckzähne voll mineralisiert ist, zeigt die Wurzel etwa nur ein Fünftel bis ein Viertel ihrer Gesamtlänge. Der Winkel der Eckzähne zur Molaren-Verbindungsline beträgt zwischen 72 und 74 Grad. Dausch-Neumann gibt für diese Patientengruppe ein Lebensalter von 6 bis 8 Jahren an. In der vorliegenden Studie beträgt das Durchschnittsalter der Patienten zu diesem Zeitpunkt der Zahnentwicklung für Patienten ohne Eckzahnverlagerung 8 Jahre und 7 Monate mit einer Standardabweichung von 1,17 Jahren und für Patienten mit Eckzahnverlagerung ebenfalls 8 Jahre und 7 Monate mit einer Standardabweichung von 1,25 Jahren.

In der zweiten Gruppe sind Kinder (ca. 9 - 11 Jahre) zusammengefasst, bei denen die seitlichen Schneidezähne gewechselt haben und ein annähernd abgeschlossenes Wurzelwachstum vorliegt. Gleichzeitig wechseln die Milchzähne der Stützzone. Der Winkel der Eckzähne zur Okklusionsebene vergrößert sich nur gering auf Werte zwischen 76 und 78 Grad. Ein Durchschnittsalter von 10 Jahren und einem Monat wurde für Probanden ohne Eckzahnverlagerung berechnet (Standardabweichung 0,98 Jahre). Die Werte bei Patienten mit Eckzahnverlagerung lagen bei 9 Jahren und 10 Monaten bei einer Standardabweichung von 1,3 Jahren.

Die dritte Patientengruppe umfasst laut Dausch-Neumann Jugendliche im Alter zwischen 12 und 14 Jahren, bei denen die Prämolaren gewechselt und die Eckzähne sich fast in den Zahnbogen eingereiht haben. In dieser Studie beträgt das durchschnittliche Alter 11 Jahre und 11 Monate bei einer Standardabweichung von 1,15 Jahren bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung, bei Patienten mit Eckzahnverlagerung 12 Jahre und 6 Monate (Standardabweichung 1,47 Jahre). Im Vergleich zu Patienten der zweiten Gruppe vergrößert sich der Winkel um 9 bis 11 Grad und erreicht annähernd einen rechten Winkel. Der Mittelwert des Winkels liegt bei 87,5 Grad.

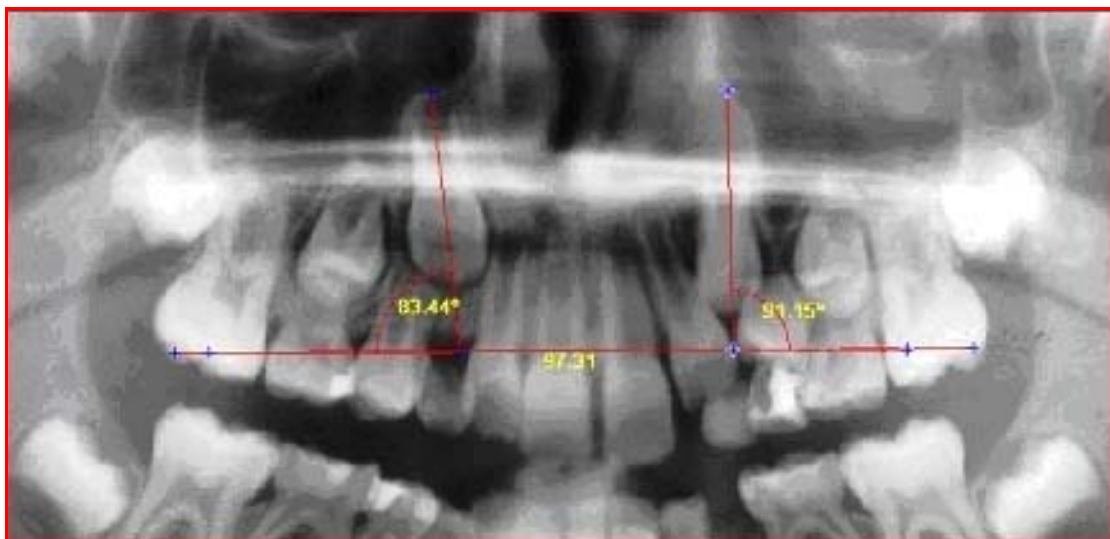
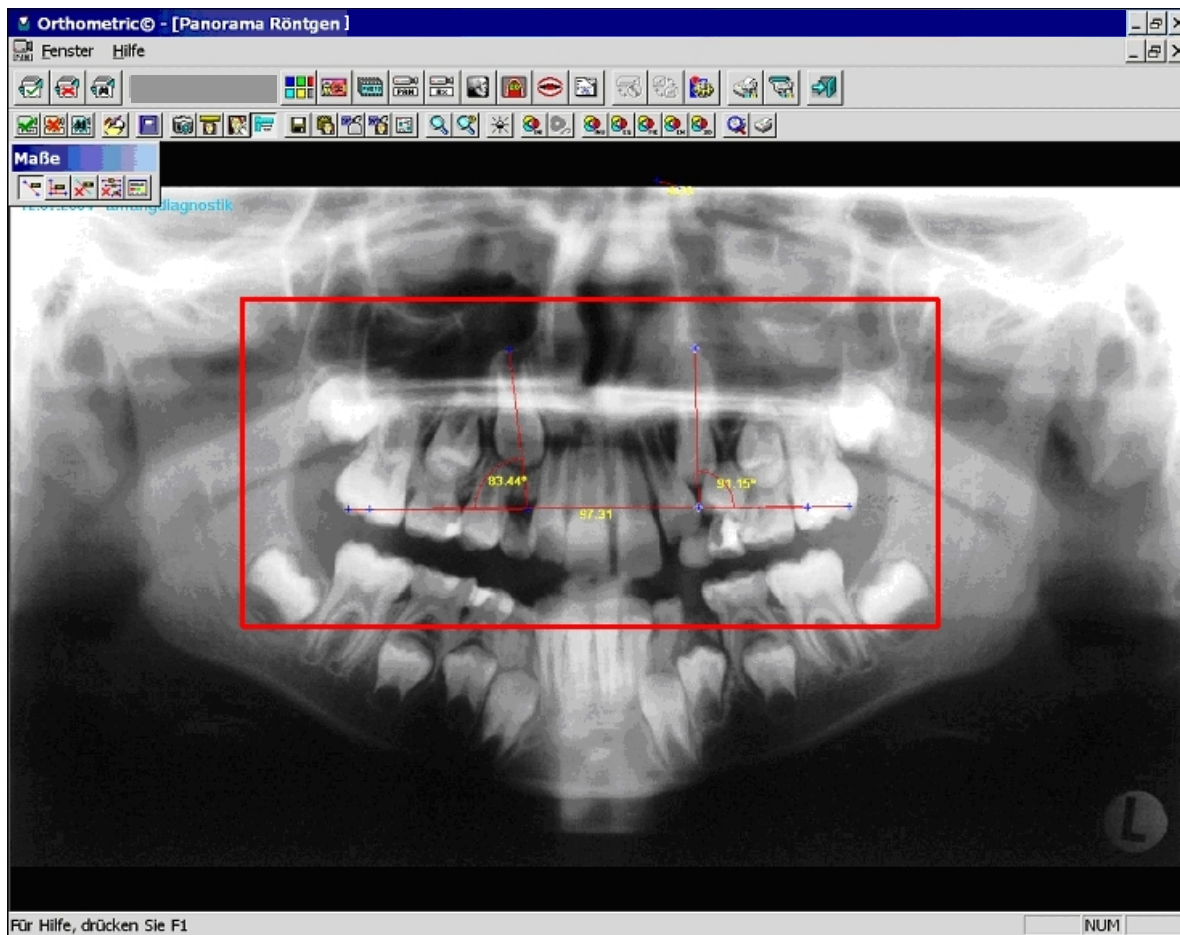


Abb. 2.2: Computer-unterstützte Auswertung der Panoramaschichtaufnahme mittels Orthometric®. Die horizontale Linie stellt die Okklusionsebene als Verbindung zwischen den distobukkalen Höckern der ersten Oberkiefermolaren dar. Der Winkel zwischen dieser und den Eckzahnachsen (senkrechte Linien) wird bestimmt. Die untere Abbildung zeigt die Ausschnittsvergrößerung.

2.1.2 Fernröntgenseitenbilder

2.1.2.1 Computer-unterstützte Auswertung mit Orthometric®

Auf diesen Röntgenbildern wurden die kephalometrischen Punkte per Hand in Orthometric® markiert und nach der Auswertungsmethode von Segner / Hasund [27], halb-automatisch, d. h. computer-unterstützt mit manueller Nachkorrektur, ausgewertet. Ergänzt wurde die Fernröntgenseitenbildanalyse um Parameter nach Jara-bak [22]. Hierbei wurden folgende kephalometrische Referenzpunkte definiert:

Nasion (N):	anteriorster Punkt der sutura naso-frontalis in der Mediansagittalebene, bei offener V-Form der Sutur posteriorster Punkt, Vordergrenze der Schädelbasis.
Sella (S):	Mitte der fossa hypophysialis.
Basion (Ba):	posteriorster und kaudalster Punkt des Clivus in der Mediansagittalebene, hintere Grenze der Schädelbasis.
Apex des Oberkiefer-Schneidezahnes (Mx1r):	apikalster Punkt der Wurzel des anteriorsten oberen Inzisivus.
Inzision superius (Mx1c):	inzisalster Punkt des anteriorsten oberen Inzisivus.
Prosthion (Mx1v):	im vestibulärsten Teil des oberen Schneidezahns gelegener Punkt.

Analog im Unterkiefer Inzision (Md1c) und Apex des Unterkiefer-Schneidezahnes (Md1r) sowie Infradentale (Md1v).

A-Punkt (A):	tiefster Punkt der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes in der Mediansagittalebene, Subspinale.
spina nasalis anterior (ANS):	anteriorster Punkt der knöchernen spina nasalis anterior in der Mediansagittalebene, anteriore Begrenzung der Maxilla.
spina nasalis posterior (PNS):	konstruierter röntgenologischer Punkt am Schnittpunkt der anterioren Wand der fossa pterygopalatina mit dem Nasenboden, posteriore Begrenzung der Maxilla.
Oberer Molar (Mx6d):	distalster Kronenpunkt des ersten oberen Molaren.
Apex oberer Molar (Mx6r):	apikalster Punkt der distalen Wurzel des ersten oberen Molaren.

Analog im Unterkiefer distalster Kronenpunkt (Md6d) und Apex (Md6r) des Un-

terkiefermolaren.

B-Punkt (B):	tiefster Punkt der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes in der Mediansagittalebene, Supramentale.
Suprapogonium (Pm):	in der Konvergenz der äußeren mit der inneren Knochenrinde der knöchernen Kinnspitze gelegener Punkt auf Höhe der Mediansagittalebene.
Pogonium (Pg):	anteriorster Punkt des knöchernen Kinns in der Mediansagittalebene.
Gnathion (Gn):	anteriorster und inferiorster Punkt des knöchernen Kinns in der Mediansagittalebene.
Menton (Me):	kaudalster Konturpunkt der Symphyse.
Genion (Ge):	im hintersten Teil der Symphyse gelegener Punkt.
Gonion (Go):	konstruierter Punkt am Tangentschnittpunkt der hinteren Ramuslinie mit der Linie des Mandibularplanums.
Artikuläre (Ar):	konstruierter Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des collum mandibulae.
Weichteilnasion (Nac):	genau vor der Nasenwurzel gelegener Punkt, auf dem weichen Profil gezeichnet.
Nasenspitze (EN):	vorderster Punkt der Nase, auf dem weichen Profil gezeichnet, stellt die Vordergrenze der Nase dar.
Subnasale (Sn):	Punkt mit geringstem Kurvenradius am Übergang des Nasenstegs in die Oberlippe.
Obere Lippe (LS):	anteriorster Oberlippenpunkt in der Mediansagittalebene.
Stomion (EM):	Messpunkt, welcher aus dem Lippenschluss gebildet wird, stellt einen Referenzpunkt der ästhetischen Relation Lippe-Schneidekante dar.
Untere Lippe (LL):	vorderster Punkt der Unterlippe, stellt die Vordergrenze der Unterlippe dar.
Weichteil-Pogonium (DT):	anteriorster Punkt des Weichteilkinns in der Mediansagittalebene.

Das Computerprogramm Orthometric® verfügt über ein Hilfenfenster, welches den Anwender bei der Definition der kephalometrischen Referenzpunkte unterstützt. In einer Lupenfunktion erscheint das Röntgenbild stark vergrößert; weiterhin besteht die Möglichkeit, Kontrast und Helligkeit des Bildes zu verändern. Im unteren Bildbereich wird die Standardlokalisierung des ausgewählten Punktes auf einer Schemazeichnung der Knochenkontur bildlich dargestellt, sowie die anatomische Lage in Worten beschrieben. Durch gezieltes Anwählen kann der Benutzer nach Festlegung der Punkte bestimmen, ob die Bezeichnung der Punkte, die sie verbindenden Linien und die sich ergebenden Winkel oder die Knochenstrukturen dargestellt werden.

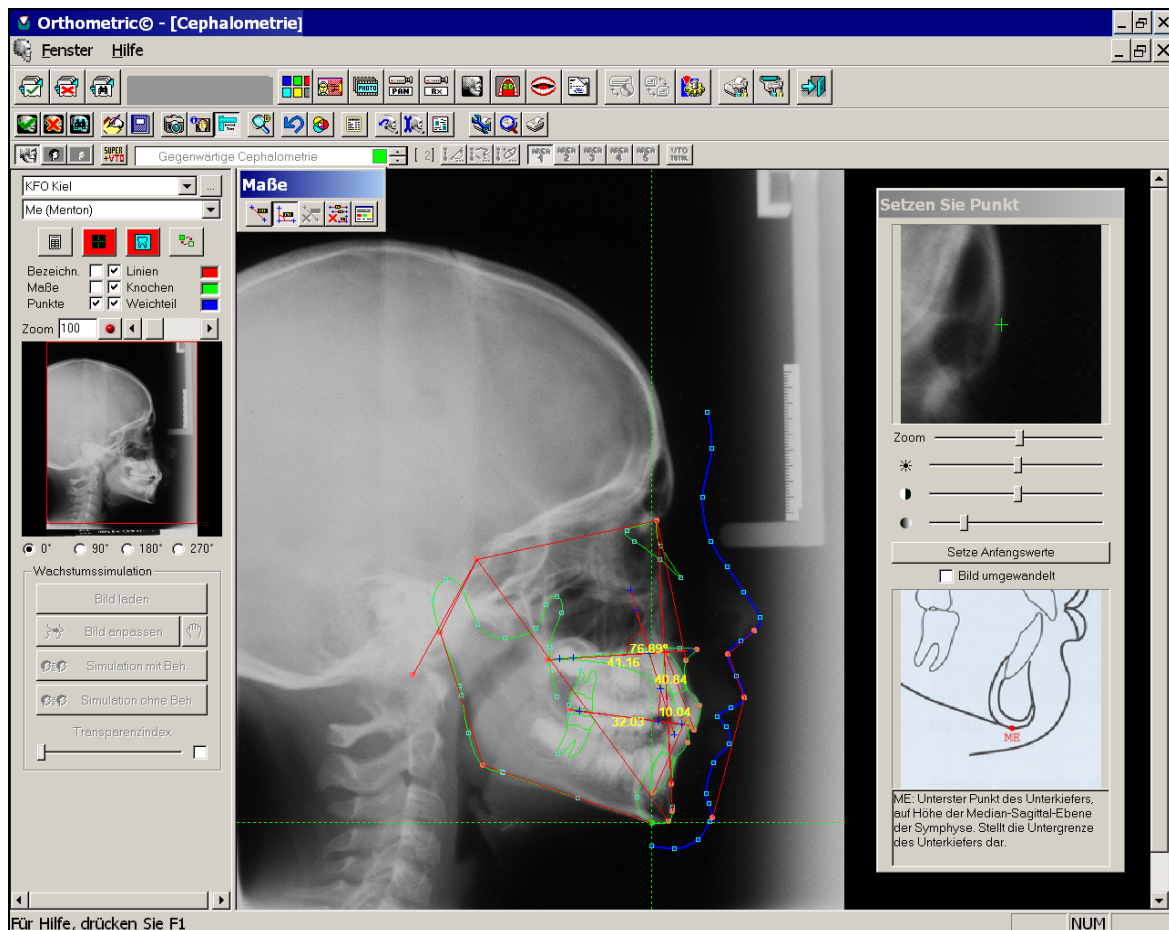


Abb. 2.5: Computer-unterstützte Auswertung mittels der Software Orthometric®. Rechts oben im Hilfenfenster das Röntgenbild stark vergrößert, darunter die Skizze der Standardlokalisierung des anatomischen Punktes.

Rot: manuell festgelegte Punkte sowie die sich ergebenden Winkel. **Grün:** Knochenstrukturen. **Blau:** Weichteilprofil.

Nach Festlegung der oben genannten Messpunkte werden durch die Software Orthometric® folgende Winkel und Verhältnisse berechnet. Diese wurden ebenfalls in die Microsoft Excel-Tabelle übertragen.

Winkel und Verhältnisse	Beschreibung	Werte	klinische Aussage
SNA	sagittale Position der Maxilla im Schädel	< 79° 79° - 85° > 85°	retrognath orthognath prognath
SNB	sagittale Position der Mandibula (Alveolarfortsatz)	< 77° 77° - 83° > 83°	retrogen orthogen progen
ANB	sagittale basale Relation	< 0° 0 - 4° > 4°	mesial neutral distal
WITS-Appraisal	sagittale basale Relation	Klasse I: -1 bis 2 mm	< Klasse II > Klasse III
SNPog	sagittale Position der Mandibula (Kinn)	< 78,5° 81° > 84,1°	Retroposition Kinn prominentes Kinn
NSBa	Relation Clivus zur anterioren Schädelbasis, sagittale Position der Mandibula (Kiefergelenk)	< 127,4° 131,7° > 138,2°	mesial neutral distal
ArGoMe	Relation Ramus-Corpus Mandibula ⇔ Wachstumstyp	< 123° 130° > 137°	horizontal neutral vertikal
SNGn	Wachstumstyp	< 64° 67,7° > 71,4°	anterior posterior
NSAr	Position der Gelenkgrube	< 118° 123° > 128°	anterior posterior

Winkel und Verhältnisse	Beschreibung	Werte	klinische Aussage
SArGo	Position des Unterkiefers	< 137° 143° > 149°	progen retrogen
Summenwinkel nach Björk	ArGoMe + NSAr + SArGo ⇒ Wachstumstyp	< 391° 396° > 401°	horizontal neutral vertikal
NL-NSL	Neigung der Maxilla	< 5,8° 8,1° > 10,9°	anterior posterior
ML-NSL	Neigung der Mandibula ⇒ Wachstumstyp	< 30° 32° > 34°	anterior posterior
ML-NL	Divergenz der Kieferbasen ⇒ vertikale basale Relation	< 20,5° 23,5° > 26,5°	hypodivergent hyperdivergent
Interinzisalwinkel	Stellung OK/UK-Inzisivi zueinander	< 124,8° 132,9° > 141,7°	Protrusion orthoaxiale Stellung Retrusion
OK -1 nach NA-Winkel	Stellung OK-Inzisivi zur Kieferbasis	< 14° 20,9° > 25,4°	Retrusion orthoaxiale Stellung Protrusion
Index [(N-Sp') : (Sp'-Gn)x100]	Verhältnis mittlere und untere Gesichtshöhe ⇒ vertikale Gesichtsrelation	< 71 % 80,1 % > 89 %	offen normal tief
[(S-Go) : (N-Me) x 100]	Verhältnis vordere und hintere Gesichtshöhe	< 62 % 63,5 % > 65 %	

Tab. 2.1: Darstellung der Messparameter und ihrer Normgrößen.

2.1.2.2 Auswertungsmethode nach Ericson und Kurol

Des Weiteren wurden die Fernröntgenseitenbilder nach einer Methode von Ericson und Kurol [14] ausgewertet, welche die Lage und Inklination des Eckzahnes in der Sagittalen genauer festlegt. Auf den Bildern wurde eine Linie zwischen spina nasalis anterior und spina nasalis posterior gezogen, die der Nasallinie entspricht. Der Winkel zwischen dieser und der Achsenrichtung des oberen Eckzahnes wurde ermittelt und übernommen. Weiterhin schlugen Ericson und Kurol vor, den Abstand zwischen der Eckzahnspitze und der Okklusionsebene zu messen. Dieser Parameter wurde ebenfalls in die Studie aufgenommen.

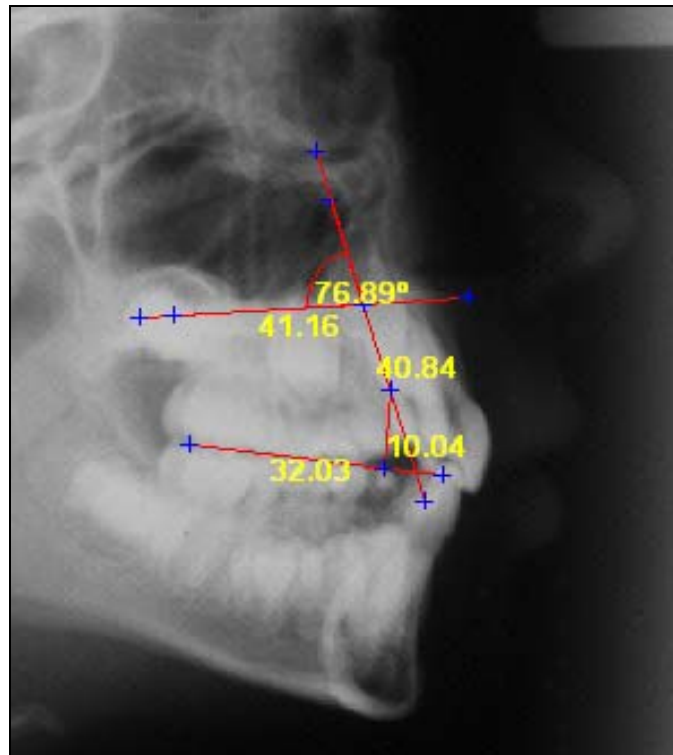


Abb. 2.6: Auswertung der Fernröntgenseitenbilder nach der Methode von Ericson und Kurol. Die obere Linie in der Horizontalebene stellt die Nasalebene dar, die darunter liegende die Okklusionsebene. Gemessen wurden der proximale Winkel zwischen Eckzahnachse (diagonale Linie) und der Nasallinie sowie der Abstand d des Eckzahnes (Senkrechte) zur Okklusionsebene.

2.1.2.3 Formulierung der Hypothesen

Anschließend wurden sieben Hypothesen in Bezug auf Winkel der Fernröntgenseitenbildanalyse formuliert und überprüft, die bei Patienten mit Eckzahnverlagerung auftreten können.

Die aufgeführten Werte zeigen den Normbereich an.

- | | | |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1. SNA-Winkel | kleiner als die Norm: | 79° - 85° |
| 2. SNB-Winkel | in der Norm: | 77° - 83° |
| 3. ANB-Winkel | kleiner als die Norm: | 0 - 4° |
| 4. NL-NSL | kleiner als die Norm: | 5,8° < 8,1° > 10,9° |
| 5. ML-NL | größer als die Norm: | 20,5° < 23,5° > 26,5° |
| 6. OK1-NA-Winkel | kleiner als die Norm: | 14° < 20,9° > 25,4° |
| 7. Interinzisalwinkel | größer als die Norm: | 124,8° < 132,9° > 141,7°. |

Bei Patienten mit verlagerten Eckzähnen ist zu erwarten, dass drei oder mehrere Bedingungen erfüllt sind.

2.2 Statistische Auswertungen

Die statistischen Berechnungen wurden mit der Statistiksoftware SSPS® in der Version 11.5.1 der Firma SPSS Inc., Chicago durchgeführt. Für jeden Patienten wurde eine Zeile in einer mit Hilfe von Microsoft Excel 2003® generierten Tabelle angelegt. Aus Datenschutzgründen wurden nur die zugeteilten Aufnahmeummern aufgelistet. In insgesamt fünfundzwanzig Spalten wurde der Entwicklungsstatus des Gebisses (Status D), Alter und Geschlecht der Patienten, die sich bei der Vermessung der Orthopantomogramme darstellenden Innenwinkel beider Oberkieferzähne sowie die anhand der Fernröntgenseitenbilder gemessenen Winkel, Verhältnisse und Strecken erfasst.

Die aufgeführten Daten wurden im Rahmen einer deskriptiven Datenanalyse ausgewertet; hierbei wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen, Minimal- sowie Maximalwerte nach Patienten mit bzw. ohne Eckzahnverlagerung differenziert statistisch berechnet. Zur Bestimmung, ob eine Normalverteilung vorliegt, wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt.

2.3 Bestimmung der Messfehler

Mit Hilfe von Vergleichsmessungen wurden die aufgrund des Messverfahrens und der Messsystematik bedingten inhärenten Fehler bestimmt.

Um qualitativ gute Messungen vornehmen und die Genauigkeit von Messergebnissen bewerten zu können, ist die Kenntnis möglicher Fehlerquellen und -arten, d. h. die Bestimmung unvermeidbarer Messfehler, unverzichtbar. Die Verfälschung einer Messung beruht auf technischen Unzulänglichkeiten der Messgeräte - hier der Software - und der Messverfahren (systematische Fehler) sowie auf Einflüssen des Anwenders (zufälliger Fehler). Dadurch können einzelne Messwerte voneinander abweichen.

Zur Bestimmung des Messfehlers wurden folgende Verfahren durchgeführt:

1. Fünf Patienten wurden randomisiert ausgewählt und deren Röntgenbilder erneut vermessen. Die Winkel und Verhältnisse wurden mit den ersten Messungen verglichen.
2. Einige Röntgenbilder waren nicht auf dem MagicWeb-Röntgenserver des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel oder dem lokalen Server der kieferorthopädischen Klinik als digitale Bitmap-Dateien verfügbar. Diese mussten nachträglich mit dem Scanner Epson Expression 1600 Pro® digitalisiert werden. Um Qualitätsunterschiede und damit einhergehend abweichende Messwerte auszuschließen, wurden digital vorliegende Röntgenbilder zusätzlich eingescannt. Diese wurden wiederum vermessen und die Daten verglichen.
3. Die genaue Platzierung der kephalometrischen Messpunkte auf den Röntgenbildern stellt eine wichtige Voraussetzung für die Genauigkeit der ermittelten Werte dar. Um signifikante Unterschiede zwischen ungeübten und erfahrenen Benutzern auszuschließen, wurden die vorliegenden Röntgenbilder zusätzlich von zwei Fachzahnärzten für Kieferorthopädie ausgewertet.

Der systematische und zufällige Messfehler wurden mit Hilfe zweier Methoden bestimmt:

1. Methode nach Dahlberg (1940)

Der methodische Fehler wurde berechnet mit der Formel:

$$Se = \sqrt{\frac{\sum(\chi_a - \chi_b)^2}{2n}}$$

mit: $\sum(\chi_a - \chi_b)^2$ = Summe der quadratischen Differenzen der beiden Messungen,
 n = Anzahl der Messungen.

2. Bestimmung des absoluten Fehlers als mittlere absolute Abweichung. Berechnet wurde das arithmetische Mittel zwischen jeweils zwei gemessenen Werten bei mehrfacher Festlegung der kephalometrischen Messpunkte.

2.4 Bestimmung der Zusammenhänge zwischen den Variablen

Als Methode der bivariaten Statistik wurde der Korrelationskoeffizient K nach Spearman gewählt. Der Korrelationskoeffizient ist ein Maß für die Quantifizierung des Zusammenhangs zwischen zwei Variablen. Die Korrelation liegt immer zwischen - 1 und + 1 und ist dimensionslos. Negative Werte kennzeichnen einen vollkommen negativen linearen, positive Werte bedingen einen positiven linearen Zusammenhang. Eine Korrelation von Null spricht dafür, dass kein Bezug besteht. Je größer der Abstand des Korrelationskoeffizienten von Null ist, d. h. je näher der Wert bei + 1 bzw. - 1 liegt, desto stärker ist der Zusammenhang.

Korrelationskoeffizient K	Interpretation
bis +/- 0,2	sehr geringe Korrelation
bis +/- 0,5	geringe Korrelation
bis +/- 0,7	mittlere Korrelation
bis +/- 0,9	hohe Korrelation
über +/- 0,9	sehr hohe Korrelation

Tab. 2.2: Interpretationsansätze für Korrelationskoeffizienten.

2.5 Bestimmung signifikanter Unterschiede zwischen den Variablen

Zum Vergleich und zur Bewertung von Unterschieden bei den durch die Software berechneten Messwerten für Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung wurde der gepaarte t-Test für abhängige Messungen innerhalb der Zielgruppen angewendet. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 5 \%$ gewählt, d. h. ein p-Wert unter 0,05 bedeutet eindeutig signifikante Werte. Zusätzlich wurde mit Hilfe der Varianzanalyse (ANOVA) überprüft, ob verlagerte und nicht verlagerte Eckzähne von verschiedenen kombinierten Messwerten abhängig sind.

3 Ergebnisse

3.1 Identifikation der Verlagerung des oberen Caninus

Als Grundlage der Studie wurde eine Vermessungsmethode nach Dausch-Neumann gewählt. In dieser werden für drei Entwicklungsstufen des Gebisses charakteristische Winkel angegeben. Bei dem vorliegenden Patientenkollektiv wurde die Methode angewendet und zusätzlich zwei Probandengruppen mit und ohne Eckzahnverlagerung gebildet. Anschließend wurde diese Unterteilung auf Übereinstimmung mit der tatsächlichen klinischen Situation geprüft.

Alle durch Messen als nicht verlagert festgelegten Eckzähne wurden auch als nicht verlagert identifiziert. Lag ein größerer Winkel als von Dausch-Neumann angegeben vor, wurde der Zahn nicht als „verlagert“ eingestuft, sondern als „im Entwicklungsstadium fortgeschritten“ markiert. Patienten mit Eckzahnverlagerung wurden ebenfalls alle richtig eingeschätzt.

3.2 Ergebnisse der deskriptiven Statistik

Der Kolmogorov-Smirnov-Test zeigte eine annähernde Normalverteilung der Werte.

Bei einer Probandenzahl von 130 wiesen 53 Patienten 72 verlagerte Eckzähne auf, darunter 30 weibliche und 23 männliche Patienten. Das entspricht einem Verhältnis von 1,3 : 1 bei einer Prävalenz der Eckzahnverlagerung von 28 %. Es traten 34 unilaterale (eine isolierte Verlagerung von Zahn 13 16-mal und Zahn 23 18-mal) und 19 bilaterale Verlagerungen auf. Die Diagramme Abb. 3.1 und 3.2 zeigen die weitere Unterteilung zwischen den Geschlechtern und die Lokalisation der verlagerten Eckzähne. In der Studie erfolgte keine weitere Unterteilung zwischen vestibulär oder palatinal verlagerten Eckzähnen.

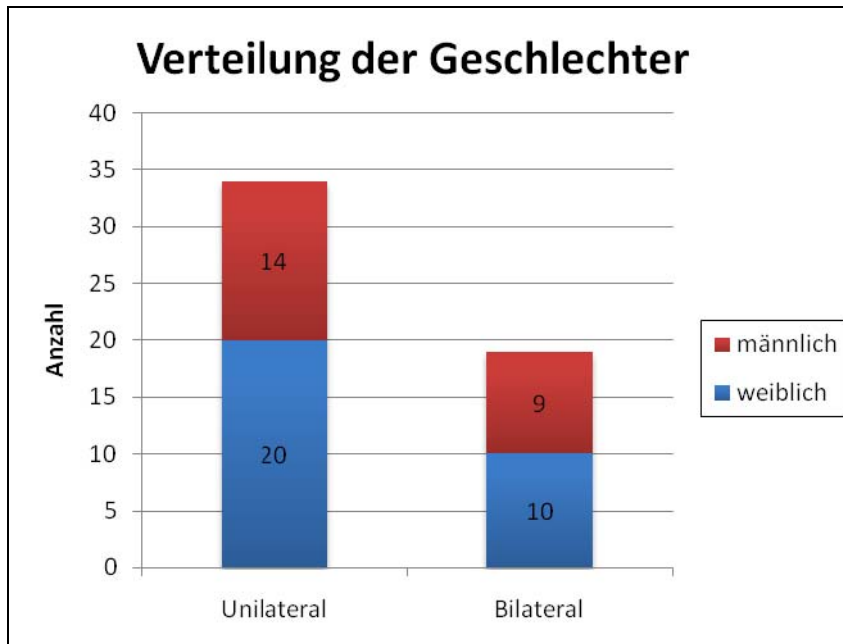


Abb. 3.1: Diagramm zur Verteilung der verlagerten Eckzähne zwischen weiblichen und männlichen Patienten.

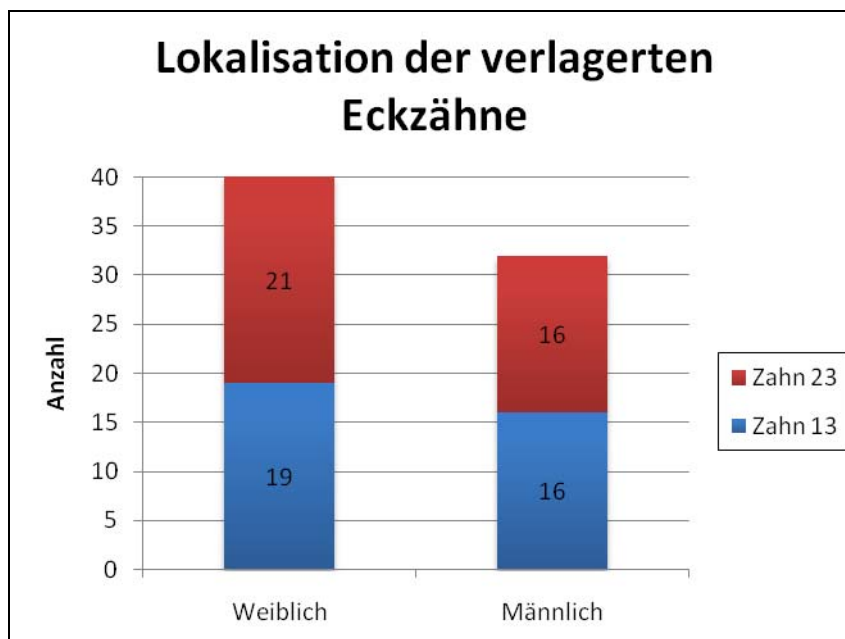


Abb. 3.2: Verteilung der Verlagerung zwischen den Geschlechtern unter Berücksichtigung der Lokalisation des verlagerten Zahnes.

In Tabelle 3.1 sind Mittelwerte sowie Standardabweichungen nach den jeweiligen Status getrennt aufgelistet. Die von Dausch-Neumann angegebenen Normwerte der Eckzahnachsenwinkel liegen im Status 1 zwischen $72^\circ - 74^\circ$, im Status 2 zwischen $76^\circ - 78^\circ$ und im Status 3 bei $87,5^\circ$. Im Falle einer Eckzahnverlagerung sind die Winkel kleiner als die Normwerte. Falls die Werte oberhalb des Normbereiches liegen, wird von einer fortgeschrittenen Entwicklung ausgegangen.

Die Winkel für Patienten mit Eckzahnverlagerung liegen im Durchschnitt deutlich unter denen der Patienten ohne Eckzahnverlagerung. In beiden Gruppen im Status 1 steht der rechte Eckzahn steiler als der linke. Besonders bei Patienten mit Verlagerung des dritten Status fällt eine breite Streuung auf.

Bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung zeigt sich eine Vergrößerung der beiden Eckzahnwinkel und damit Aufrichtung der Zähne 13 und 23 zur Okklusionsebene. Die Mittelwerte der beiden Winkel liegen bei dieser Patientengruppe in allen drei Status deutlich über denen der Patienten mit Eckzahnverlagerung. Während sich hier eine Aufrichtung von $78^\circ/80^\circ$ über 84° zu annähernd einem rechten Winkel zeigt, liegen die verlagerten Eckzähne im ersten Status unter 72° . Im Zuge der weiteren Entwicklung stagniert der Winkel bei Patienten mit Eckzahnverlagerung, es zeigt sich keine weitere Aufrichtung.

	Verlagerte Eckzähne						Nicht verlagerte Eckzähne					
Status D	1		2		3		1		2		3	
N	16		28		9		18		43		16	
Geschlecht	W 6		W 17		W 7		W 7		W 23		W 7	
	M 10		M 11		M 2		M 11		M 20		M 9	
Alter	8,61	1,25	9,83	1,30	12,55	1,47	8,58	1,17	10,08	0,98	11,97	1,15
	MW	STD	MW	STD	MW	STD	MW	STD	MW	STD	MW	STD
	(in °)		(in °)		(in °)		(in °)		(in °)		(in °)	
Winkel 13	71,44	5,96	72,46	7,70	74,65	17,47	80,64	5,67	84,03	5,59	89,24	7,60
Winkel 23	69,73	12,64	72,49	6,51	70,50	17,12	78,72	5,01	84,05	4,99	89,54	5,37
SNA	81,01	4,82	82,02	5,18	79,08	3,88	82,76	4,12	81,39	4,42	82,47	4,07
SNB	76,39	4,56	77,46	4,61	78,15	3,50	78,13	4,07	76,62	3,82	80,21	4,01
ANB	4,62	3,63	4,55	3,01	0,93	3,53	4,63	3,32	4,78	2,61	2,25	4,07
ML-NL	27,04	4,97	27,61	6,29	29,14	3,85	28,61	3,83	27,54	5,01	27,27	5,79
NL-NSL	9,32	5,24	7,46	3,73	6,03	3,26	6,94	4,12	7,59	3,53	5,20	3,24
Interinzisalwinkel	138,50	19,82	131,62	13,81	134,28	9,29	135,42	9,95	130,91	12,56	131,61	10,85
OK1-NA-Winkel	13,33	20,64	20,91	6,49	21,61	3,97	16,59	7,02	19,63	9,79	22,50	8,92

Tab. 3.1: Darstellung der statistischen Auswertung getrennt nach Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung. Die Tabelle zeigt Mittelwerte und Standardabweichungen für die Winkel 13 und 23 sowie für sieben ausgewählte Winkel aufgeteilt in Status 1 bis 3.

3.3 Ergebnisse der Messfehlerbestimmung

Für alle Winkel, die zur Beurteilung einer Eckzahlverlagerung (Winkel 13, Winkel 23, SNA, SNB, ANB, ML-NL, NL-NSL, Interinzisalwinkel und OK1-NA-Winkel) in dieser Studie herangezogen werden, liegt der mittlere absolute Messfehler zwischen digital vorliegenden und nach Durchlicht-Scanprozeß mittels Epson Expression 1600 Pro® verarbeiteten identischen Röntgenbildern deutlich unter 0,5°. Da

der systematische Messfehler so gering ist, spielt es bei den Vermessungen keine Rolle, in welcher Form das Röntgenbild vorliegt. Die Genauigkeit der Wiederholungsmessungen liegt ebenfalls unter $0,5^\circ$. Damit ist die Güte aller berechneten Winkel gleich. Der zufällige Messfehler im Vergleich zu erfahrenen Kieferorthopäden liegt im Bereich bis $0,7^\circ$.

Der totale Messfehler aus den drei einzelnen Messfehlern liegt für alle Winkel deutlich unter 1° . Unter Berücksichtigung der methodischen Einzeichungenauigkeiten für die Winkel SNA, SNB und ANB, welche klar anatomisch definiert sind, beträgt der totale Messfehler für diese Winkel unter $0,5^\circ$. Der totale Messfehler fällt damit in einen tolerablen Bereich und wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

	Vergleich Digital / Scan		Wiederholungsmessungen		Vergleich mit Kieferorthopäden		Totaler Messfehler	
	absolute Abw.	Dahlberg	absolute Abw.	Dahlberg	absolute Abw.	Dahlberg	absolute Abw.	Dahlberg
Winkel 13	0,28	0,31	0,39	0,46	0,56	0,68	0,74	0,50
Winkel 23	0,34	0,38	0,27	0,32	0,48	0,67	0,64	0,48
SNA	0,17	0,23	0,32	0,35	0,33	0,39	0,49	0,33
SNB	0,27	0,32	0,22	0,25	0,16	0,21	0,39	0,26
ANB	0,21	0,23	0,27	0,29	0,27	0,35	0,44	0,29
NL-NSL	0,28	0,35	0,34	0,35	0,31	0,40	0,54	0,37
ML-NL	0,45	0,48	0,24	0,27	0,43	0,55	0,67	0,45
Interinzisalwinkel	0,48	0,55	0,38	0,47	0,71	0,73	0,94	0,59
OK1-NA-Winkel	0,23	0,25	0,38	0,47	0,29	0,36	0,53	0,37

Tab. 3.2: Darstellung der Messfehler berechnet mit der Methode nach Dahlberg sowie der Bestimmung des absoluten Fehlers als mittlere absolute Abweichung.

3.4 Häufigkeitsverteilung der Merkmale (Hypothesen)

Es zeigt sich, dass bei Patienten sowohl mit als auch ohne Eckzahnverlagerung Probanden mit einer und zwei der formulierten Merkmalsausprägungen prozentual gleich häufig auftraten. Als Indiz für die obigen Erwartungen spricht, dass bei Patienten mit Verlagerung die Anzahl derer mit drei und vier Ausprägungen deutlich höher war, während auch eine größere Menge an Patienten ohne Eckzahnverlagerung keine der oben genannten Bedingungen erfüllte. Keiner der Probanden zeigte mehr als vier Merkmale.

Anzahl der Ausprägungen	Verlagert (N=53)					Nicht Verlagert (N=77)				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
Gesamt	3	20	19	10	1	14	27	29	7	
% zu N	(5%)	(38%)	(36%)	(19%)	(2%)	(18%)	(35%)	(38%)	(9%)	(0%)
Status 1	1	7	3	5		4	7	5	2	
Status 2	2	10	13	2	1	10	12	19	2	
Status 3		3	3	3			8	5	3	

Tab. 3.3: Häufigkeiten der Merkmale bei Patienten mit verlagerten bzw. nicht verlagerten Eckzähnen.

Die folgenden beiden Diagramme veranschaulichen die Verteilung der Hypothesen für alle Patienten. Zu den Patienten mit Eckzahnverlagerung gehören wenige Probanden mit keinem Merkmal. Über die Hälfte der Patienten zeigt zwei oder drei Merkmale. Zwei Prozent der Patienten mit Verlagerung weisen vier Merkmale auf, was bei Patienten ohne Verlagerung niemals auftritt.

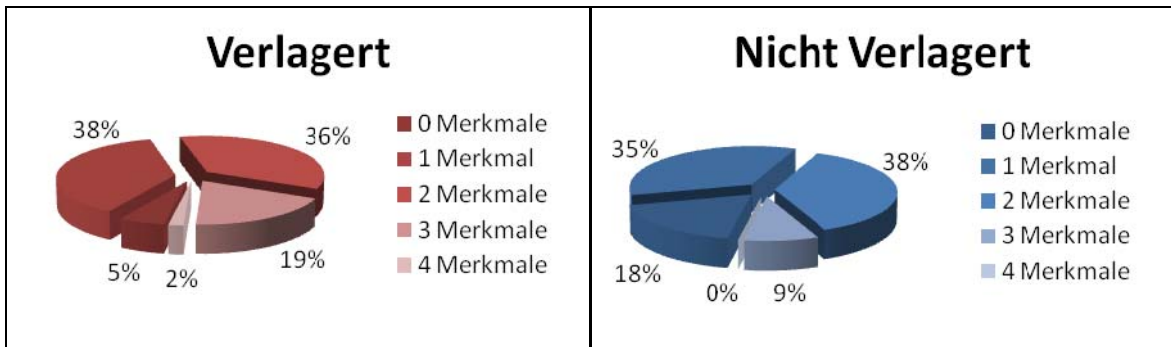


Abb. 3.3: Darstellung der Merkmalsausprägungen für das gesamte Patientenkollektiv (verlagert N = 53, nicht verlagert N = 77).

Die beiden Diagramme verbildlichen die Verteilung der Häufigkeiten der Hypothesen geteilt in Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung und nach Status. Es wird deutlich, dass alle Probanden mit vier Merkmalen Patienten mit Eckzahnverlagerung sind und dem zweiten Status angehören.

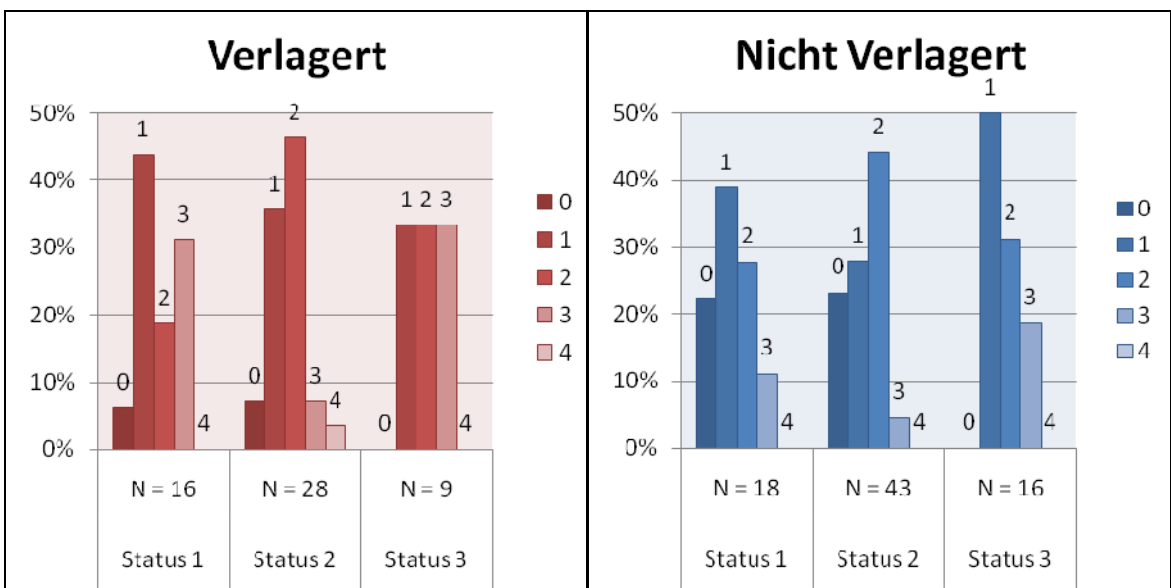


Abb. 3.4: Darstellung der Merkmalsverteilung für Status 1 bis 3.

Die Diagramme Abb. 3.5 bis 3.7 veranschaulichen die drei Status voneinander getrennt. Die Abszisse zeigt jeweils die relative Häufigkeit. An der Ordinate ist die Anzahl der Hypothesen aufgetragen. Im ersten Status wird ersichtlich, dass Patienten mit Eckzahnverlagerung (roten Säule) dreimal so häufig drei Merkmale aufweisen wie Patienten ohne Eckzahnverlagerung. Wohingegen die Patienten

ohne Eckzahnverlagerung in der Kategorie mit keinem Merkmal deutlich überwiegen. Kein Proband des ersten Status erfüllt mehr als drei Hypothesen.

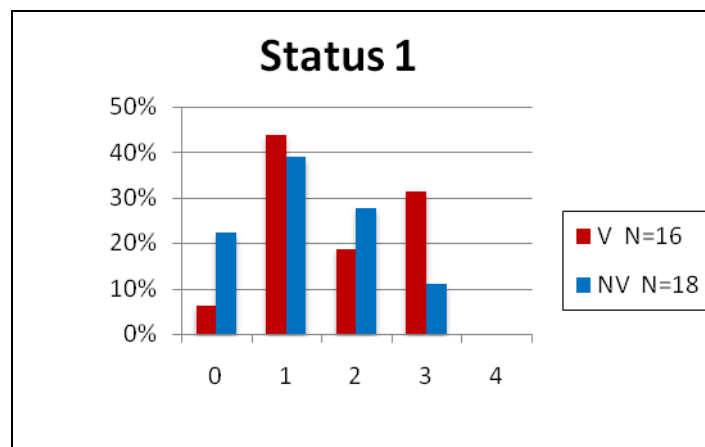


Abb. 3.5: Relative Häufigkeiten der Merkmale für Patienten des Status 1.

Auch im zweiten Status zeigen deutlich mehr Patienten ohne Eckzahnverlagerung keines der Merkmale. Die Häufigkeit aller anderen Merkmalsausprägungen liegt für Patienten mit Eckzahnverlagerung über denen ohne Verlagerung.

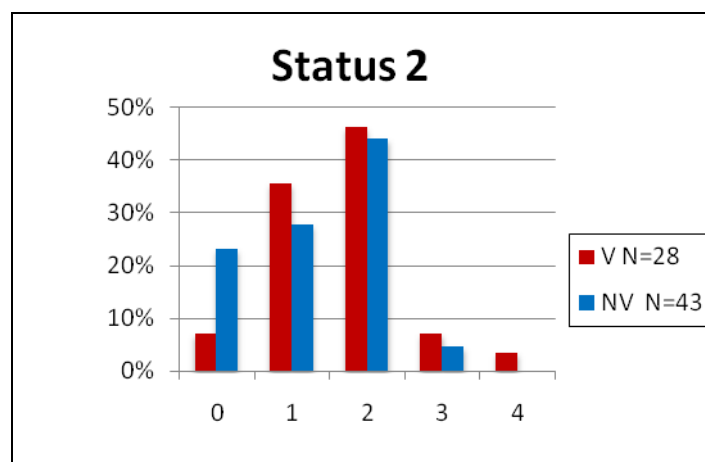


Abb. 3.6: Relative Häufigkeiten der Merkmale für Patienten des Status 2.

Während im dritten Status die Patienten mit Eckzahnverlagerung gleichmäßig über ein, zwei und drei Merkmale verteilt sind, nimmt die Anzahl der Patienten ohne Eckzahnverlagerung mit größerer Häufigkeit eines Merkmals ab.

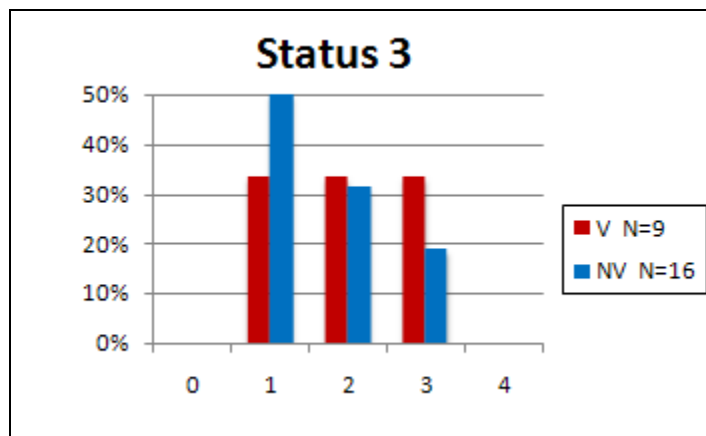


Abb. 3.7: Relative Häufigkeiten der Merkmale für Patienten des Status 3.

Das Diagramm Abb. 3.8 zeigt die Verteilung der Merkmale. So tritt z.B. ein verkleinerter SNA-Winkel bei Patienten mit Verlagerung zu 30,2 % auf, während er bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung bei etwa einem Fünftel aller Probanden vorliegt. Alle Hypothesen bis auf den verkleinerten OK1-NA-Winkel sind bei Patienten mit Eckzahnverlagerung häufiger vertreten.

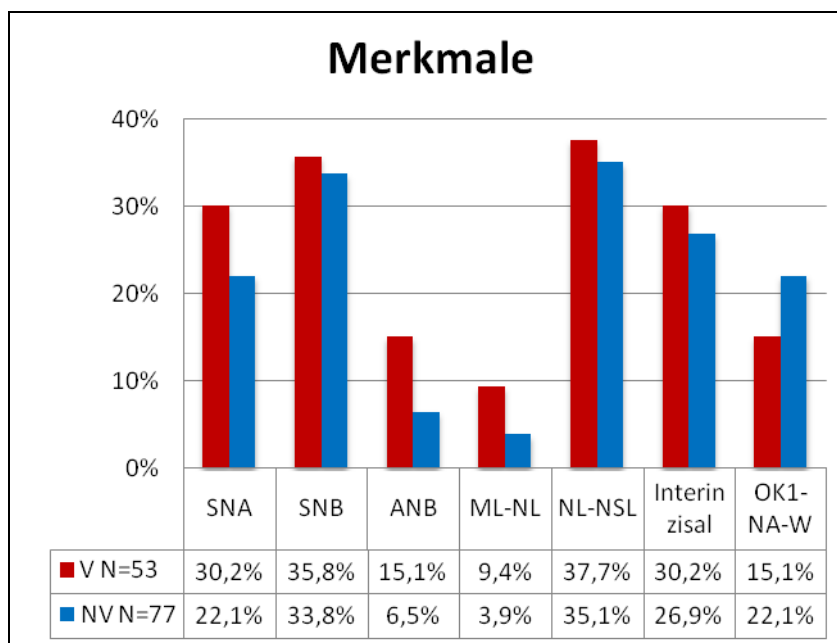


Abb. 3.8: Prozentuales Auftreten eines Merkmals bei Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung.

Weiterhin sollte untersucht werden, welche Fehlstellungen oft kombiniert auftreten. Die Häufigkeiten wurden für Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung getrennt ausgezählt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 3.4.

	Verlagerte Eckzähne (N = 53)						
	SNA	SNB	ANB	ML-NL	NL-NSL	Interinzisalwinkel	OK1-NA-Winkel
insgesamt	16	19	8	5	20	16	8
SNA							
SNB	12						
ANB	7	3					
ML-NL	0	2	0				
NL-NSL	3	3	2	0			
Interinzisalwinkel	3	5	0	2	3		
OK1-NA-Winkel	1	3	0	2	3	0	
ohne weitere Merkmale	0	1	0	1	10	7	1

	Nicht verlagerte Eckzähne (N = 77)						
	SNA	SNB	ANB	ML-NL	NL-NSL	Interinzisalwinkel	OK1-NA-Winkel
insgesamt	17	26	5	3	27	13	17
SNA							
SNB	16						
ANB	2	1					
ML-NL	0	1	1				
NL-NSL	2	2	4	1			
Interinzisalwinkel	1	3	0	0	4		
OK1-NA-Winkel	0	6	0	1	6	0	
ohne weitere Merkmale	0	2	0	1	12	6	6

Tab. 3.4: Darstellung der kombiniert auftretenden Häufigkeiten bei Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung.

Bei Patienten mit Eckzahnverlagerung trat der verkleinerte SNA-Winkel in 75 % der Fälle gleichzeitig mit einem in der Norm liegenden SNB-Winkel auf. Zudem war bei circa der Hälfte der Patienten mit einem verkleinerten SNA-Winkel auch der ANB-Winkel verringert. Ein verkleinerter NL-NSL sowie ein vergrößerter Interinzisalwinkel traten fast immer isoliert auf.

Bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung, die einen verkleinerten SNA-Winkel aufwiesen, war dieser zu 94 % mit dem in der Norm liegenden SNB-Winkel kombiniert. Der SNA-Winkel kam dagegen fast nie mit einem verkleinerten ANB-Winkel vor. Der verkleinerte NL-NSL trat ebenso wie bei Patienten mit Eckzahnverlagerung fast immer allein auf.

3.5 Bivariate Statistik

3.5.1 Korrelationskoeffizient nach Spearman

3.5.1.1 Korrelationen der Eckzahnwinkel mit Patientenalter und Geschlecht

Die bereits im vorherigen Abschnitt numerisch bestimmten Beziehungen zwischen den Winkeln wurden mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Spearman auf statistische Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde untersucht, ob alters- und geschlechtsspezifische Zusammenhänge für die Winkel 13 und 23 auftreten.

	Verlagert			Nicht Verlagert		
	Alter	Geschlecht	Winkel 13	Alter	Geschlecht	Winkel 13
Winkel 13	0,067	0,025		0,340*	0,194*	
Winkel 23	-0,055	0,025	0,105	0,471*	0,199*	0,481*

Tab. 3.5: Korrelationen für die Zähne 13 und 23.
*** Die Korrelation ist auf dem 0,05-Niveau signifikant.**

Es zeigte sich, dass bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung ein Zusammenhang zwischen der Stellung der beiden Eckzähne, dem Alter und dem Geschlecht des Patienten besteht. Ebenso gab es eine Korrelation zwischen rechtem und linkem Eckzahn. Diese Verbindungen bestehen bei Patienten mit Eckzahnverlagerung nicht.

3.5.1.2 Korrelationen der Eckzahnwinkel mit den hypothesenbezogenen Winkeln

Außerdem wurden Korrelationen zwischen den Winkeln der Eckzähne und dem Status D mit den formulierten Hypothesen geprüft.

		Nicht Verlagert										
		Winkel 13	Winkel 23	Status D	SNA	SNB	ANB	ML-NL	NL-NSL	Interinzisalwinkel	OK1-NA-Winkel	
Verlagert	Winkel 13	K		0,49*	0,36*	0,05	0,15	-0,10	-0,13	-0,10	-0,17	0,21*
		p		0,00	0,00	0,35	0,09	0,20	0,14	0,10	0,07	0,03
	Winkel 23	K	-0,09		0,59*	0,06	0,07	0,08	0,00	-0,06	-0,17	0,05
		p	0,54		0,00	0,31	0,27	0,26	0,48	0,30	0,08	0,32
	Status D	K	0,07	0,23		-0,02	0,14	-0,16	-0,11	-0,18	-0,16	0,27*
		p	0,61	0,10		0,42	0,12	0,08	0,18	0,06	0,09	0,01
	SNA	K	-0,19	0,08	-0,17		0,71*	0,45*	-0,25*	-0,28*	-0,08	-0,36*
		p	0,08	0,29	0,17		0,00	0,00	0,02	0,01	0,25	0,00
	SNB	K	-0,10	0,00	0,14	0,67*		-0,24*	-0,34*	-0,56*	0,06	-0,01
		p	0,24	0,50	0,16	0,00		0,02	0,00	0,00	0,31	0,46
	ANB	K	-0,10	0,19	-0,21	0,48*	-0,21		0,09	0,31*	-0,13	-0,53*
		p	0,25	0,09	0,07	0,00	0,06		0,22	0,00	0,13	0,00
ML-NL	K	0,05	0,07	0,07	-0,22	-0,15	-0,07		-0,19*	-0,01	-0,13	
	p	0,35	0,31	0,31	0,06	0,15	0,32		0,05	0,48	0,14	
NL-NSL	K	-0,01	-0,12	-0,20	-0,49*	-0,62*	-0,02	-0,26*		-0,10	-0,09	
	p	0,47	0,19	0,08	0,00	0,00	0,45	0,03		0,20	0,21	
Interinzisalwinkel	K	-0,29*	-0,23*	-0,06	-0,08	0,09	-0,17	-0,15	0,15		-0,60*	
	p	0,02	0,05	0,35	0,29	0,27	0,11	0,14	0,15		0,00	
OK1-NA-Winkel	K	0,34*	0,04	0,07	-0,32*	-0,10	-0,36*	-0,01	0,06	-0,67*		
	p	0,01	0,40	0,31	0,01	0,25	0,00	0,48	0,33	0,00		

Tab. 3.6: Korrelationen nach Spearman. K = Korrelationskoeffizient. p= p-Wert. Oberhalb der Diagonalen für Patienten ohne Eckzahnverlagerung, unterhalb der Diagonalen für Patienten mit Eckzahnverlagerung.

* Die Korrelation ist auf dem 0,05-Niveau signifikant.

Für Patienten ohne Eckzahnverlagerung ergaben sich folgende mittlere Korrelationen: Winkel 13 sowohl positiv mit dem Winkel 23 als auch mit dem Status D. Für Winkel 23 wurde ebenfalls eine positive Korrelation mit dem Status D ermittelt. Weiterhin zeigte sich eine positive Korrelation zwischen SNA- und SNB-Winkel. Der OK1-NA-Winkel korrelierte negativ mit ANB- und dem Interinzisalwinkel.

Bei den Patienten mit Eckzahnverlagerung ergab sich ebenfalls eine positive Korrelation zwischen SNA- und SNB-Winkel. Auch wiederholte sich die negative Korrelation zwischen OK1-NA- und Interinzisalwinkel. Eine gering negative Korrelation zeigte sich ebenso zwischen OK1-NA- und ANB-Winkel.

Von besonderen Interessen waren bei dieser Untersuchung die Zusammenhänge der beiden Eckzahnwinkel sowie des Status D mit den sieben Hypothesen. Bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung ergab sich ein Zusammenhang zwischen den Winkeln 13 und 23, sowie zwischen Winkel 23 und Status D. Für Patienten mit Eckzahnverlagerung konnte keine auf dem 0,05-Niveau signifikante Korrelation für die Zähne 13 und 23 sowie für den Status D festgestellt werden.

3.5.1.3 Korrelationen der Eckzahnwinkel mit den nicht hypothesenbezogenen Winkeln

Bei der Berechnung der Korrelation wurden bei Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung Abhängigkeiten zwischen den beiden Eckzahnwinkeln und den gemessenen nicht hypothesenbezogenen Winkeln festgestellt (s. Tabelle 7.5 Korrelationen, Anhang). Für Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung ergab sich für Winkel 13 eine gering negative Korrelation mit dem Abstand d. Eine Korrelation zwischen NSBa und NSAr zeigte sich ebenso bei beiden Patientengruppen, allerdings mit gegensätzlichem Vorzeichen. Eine mittlere negative Korrelation zwischen Winkel 23 und dem Abstand d ergab sich lediglich bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung.

3.5.1.4 Korrelationen der nicht hypothesenbezogenen Winkel untereinander

Bei der Berechnung der Korrelation wurden für Patienten mit verlagerten und nicht verlagerten Eckzähnen Abhängigkeiten zwischen den gemessenen nicht hypothesenbezogenen Winkeln untereinander festgestellt (s. Tabellen 7.5 Korrelationen, Anhang). Von den 31 Korrelationen, die für Patienten mit Eckzahnverlagerung bestimmt wurden, zeigten sich 29 dieser Korrelationen auch bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung. Eine gering positive Korrelation zwischen dem Index und NSAr sowie eine gering negative zwischen WITS-Wert und ArGoMe ergaben sich nur für Patienten mit Eckzahnverlagerung.

Im Weiteren werden nur signifikante Korrelationen über einem Wert von +/- 0,50 genannt, die für beide Patientengruppen zuträfen. So ergab sich für den Summenwinkel nach Björk eine mittlere negative Korrelation mit dem Gesichtshöhenverhältnis sowie zu SNPog, ebenso eine mittlere positive zu SNGn und eine sehr hohe positive Korrelation zu ML-NSL.

Für ML-NSL zeigten sich außerdem mittlere negative Korrelationen mit SNPog und dem Gesichtshöhenverhältnis. Eine mittlere positive Korrelation ergab sich zwischen ML-NSL und SNGn. Zwischen SNPog und SNGn wurde eine mittlere negative Korrelation errechnet, während NSBa und NSAr positiv miteinander korrelierten.

3.5.2 Ermittlung der statistischen Zusammenhänge mittels t-Test

Im Folgenden sollen die statistischen Zusammenhänge zwischen Patienten mit verlagerten und nicht verlagerten Eckzähnen für den jeweiligen Status bzw. Zusammenhänge zwischen den Status überprüft werden. Die beiden folgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse des t-Tests. Alle aufgeführten Ergebnisse sind auf dem 5 %-Niveau statistisch signifikant. Die nicht aufgeführten Parameter zeigen keinen Zusammenhang.

	Status 1	Status 2	Status 3
	V vs. NV	V vs. NV	V vs. NV
Winkel 13	0,007*	0,00*	0,006*
Winkel 23	0,039*	0,00*	0,00*

Tab. 3.7: Signifikante Unterschiede zwischen Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung für Status 1 bis 3.

*** Die Werte sind signifikant verschieden.**

Aus der Tabelle 3.7 wird ersichtlich, dass nur signifikant unterschiedliche Werte für die Winkel 13 und 23, nicht aber für die ebenfalls geprüften sieben Hypothesen und das Alter vorlagen. Es lässt sich schlussfolgern, dass eine korrekte visuelle Einteilung in verlagerte und nicht verlagerte Eckzähne durch einen Fachzahnarzt der Kieferorthopädie vorgenommen wurde.

	Status 1 vs. 2		Status 1 vs. 3		Status 2 vs. 3	
	V	NV	V	NV	V	NV
Winkel 13	0,77	0,05*	0,84	0,00*	0,67	0,005*
Winkel 23	0,66	0,00*	0,43	0,00*	0,085	0,00*

Tab. 3.8: p-Werte für die gegeneinander geprüften Status für Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung.

*** Die Werte sind signifikant verschieden.**

Die aufgeführten Werte in Tabelle 3.8 zeigen die Aufrichtung der Eckzahnachsen bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung. Diese Entwicklung bleibt bei Patienten mit Eckzahnverlagerung aus.

Bei der Varianzanalyse (ANOVA) werden die Abhängigkeiten mehrerer Variablen voneinander geprüft. Während bei der Gruppe der Patienten ohne Eckzahnverlagerung die Winkel für die Zähne 13 und Zahn 23 signifikant unterschiedlich waren, war dieses bei Patienten mit Eckzahnverlagerung nicht der Fall. Daraus lässt sich

ableiten, dass eine verlässliche visuelle Einteilung in die drei Status erfolgt ist und den Patienten ein passendes dentales Alter (Status D) zugeordnet wurde. Das bedeutet auch, dass aus der alleinigen Betrachtung der Eckzahnwinkel bei Patienten mit Verlagerung keine rechnerische Einteilung und damit Zuteilung in den korrekten Status der Zahnentwicklung möglich ist.

4 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es zu klären, ob ein Zusammenhang zwischen der Verlagerung des oberen Eckzahnes und anderen dentalen Fehlstellungen besteht. Dazu wurde für jeden Patienten ein Orthopantomogramm ausgewertet und dieses mit denen bei der Fernröntgenseitenbildanalyse gewonnen Informationen in Relation gesetzt. Auf diese Weise sollten eine mögliche Korrelation zwischen der Eckzahnverlagerung und dem Wachstumsmuster des Ober- und Unterkiefers oder der Frontzahninklination aufgedeckt und eventuelle Risikofaktoren bestimmt werden. Weiterhin sollten die gewählten Auswertungsmethoden als diagnostische Hilfsmittel bei der Identifikation der Eckzahnverlagerung bewertet werden.

4.1 Methodische Aspekte

4.1.1 Einzeichnung der kephalometrischen Referenzpunkte

Jeder Messwert weicht aufgrund der Unvollkommenheit der Messtechnik sowie der Messverfahren um einen zu definierenden Prozentsatz vom realen Wert ab. Auch kephalometrische Messungen sind mit Fehlern behaftet. Zudem ist es unmöglich, einen Messwert genau zu reproduzieren. Trotz dieser Tatsachen wird die Fernröntgenseitenbildanalyse als Grundlage kieferorthopädischer Behandlung genutzt.

Um den in dieser Studie vorliegenden Messfehler und damit die Genauigkeit der Platzierung der kephalometrischen Messpunkte einschätzen zu können, wurden Vergleichsmessungen durchgeführt.

Fünf Patienten wurden randomisiert ausgewählt und deren Röntgenbilder mit einem Zeitabstand erneut vermessen. Zudem nahm ein Fachzahnarzt für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel eine Auswertung der Röntgenbilder vor. Da bei der Bestimmung der Bezugspunkte ein weiterer

Fachzahnarzt für Kieferorthopädie zu einem identischen Ergebnis kam, wurde die Richtigkeit der ermittelten Referenzpunkte bestätigt.

Gliddon [15] et al. fanden signifikante Unterschiede in der Genauigkeit der Markierung kephalometrischer Bezugspunkte zwischen erfahrenen und unerfahrenen Anwendern. Demnach waren die Auswertungen der erfahrenen Benutzer deutlich präziser.

Bei allen gemessenen Winkeln sollte die mittlere absolute Abweichung nicht größer als ein Toleranzbereich von maximal 2 Grad sein, welcher in dieser Studie eingehalten wurde.

4.1.2 Zur Qualität der Röntgenbilder

Es war nicht möglich, alle Röntgenbilder derselben Quelle zu entnehmen. Einige der Röntgenbilder, die weder auf dem MagicWeb-Röntgenserver des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel noch auf dem lokalen Server der kieferorthopädischen Klinik als digitale Bitmap-Dateien vorlagen, mussten nachträglich eingescannt werden. Aus diesem Grund wurden auch hier Vergleichsmessungen durchgeführt, um Differenzen innerhalb der Arbeitsunterlagen auszuschließen. Der gemessene Unterschied lag bei einer tolerablen Differenz von unter $0,5^\circ$ zwischen beiden Methoden.

Nach Chen [7] und Bruntz [5] gibt es einen Unterschied zwischen digitalisierten und in analoger Form vorliegenden Röntgenbildern, der jedoch klinisch akzeptabel bzw. nicht relevant sei. Sie folgerten, dass eingescannte Bilder für die Kephalmetrie genutzt werden könnten.

Fernröntgenseitenbilder weisen einen Größenunterschied zum Schädel auf. Der Abstand zwischen Fokus und Film beträgt 1,5 m, um die Vergrößerung zu minimieren. Sie liegt dennoch bei etwa 7 %. In der Studie wurden trotz der zu Beginn der Auswertung durchgeführten Skalierung (mit Hilfe des von dem Programm Orthometric® angebotenen Tools) nur Winkel und als Strecken lediglich der Abstand d berücksichtigt. Ebenfalls wurden nur qualitativ gute Fernröntgenseitenbilder mit einbezogen, die scharf und damit eindeutig zu interpretieren waren.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Studie zeigt, dass keine Abhängigkeit zwischen der Achse des Eckzahnes bzw. dem Zahnbildungsstadium Status D und sagittalen und vertikalen Parametern der Fernröntgenseitenbildanalyse vorliegt. Es ist also nicht möglich, Schlüsse aus dem skelettalen Wachstum für Mittel- und Obergesicht zu ziehen und Aussagen über die Wahrscheinlichkeit der Eckzahnverlagerung zu treffen. Es wurden keine Risikofaktoren ersichtlich, die eine Eckzahnverlagerung vorhersagbar machen.

In Kapitel 2.1.2.3 wurden sieben Hypothesen oder Erwartungen aufgestellt, die für Patienten mit Eckzahnverlagerung bei der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder zutreffen sollten. Auch wenn diese nicht alle von den Patienten erfüllt wurden, zeigte sich eine Häufung der Merkmale bei Patienten mit Eckzahnverlagerung.

Die formulierten Hypothesen stellen einen guten Interpretationsansatz dar, eine Übereinstimmung in allen sieben Punkten wurde nicht erwartet.

Bei Patienten ohne Eckzahnverlagerung besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Geschlecht des Probanden mit den beiden Eckzahnwinkeln. Ebenso liegt hier eine Korrelation zwischen rechtem und linkem oberem Eckzahn vor. Beide ermittelten Zusammenhänge ergeben sich für Patienten mit Eckzahnverlagerung nicht. Zu dem selben Ergebnis kommen Stahl et al. [28].

4.3 Vergleich mit bisherigen Untersuchungen

Die Verteilung zwischen den Geschlechtern zugunsten des weiblichen von 1,3 : 1 deckt sich mit den Ergebnissen anderer Untersucher [16]. Diese Tatsache scheint ein anlagebedingtes Element als mitbestimmenden Faktor einer Verlagerung und Retention zu untermauern. Allerdings stellen einige Autoren keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern fest [6, 20], andere jedoch eine stärkere Tendenz mit einem Verhältnis von 2,5 : 1 [3].

Die hohe Prävalenz der Eckzahnverlagerung von 28 % ist damit zu erklären, dass es sich bei den Probanden um Patienten der Klinik für Kieferorthopädie handelt. Vielfach wurden diese Patienten von niedergelassenen Kollegen aufgrund von komplexen dentalen Fehlstellungen und Zahnanomalien überwiesen. Auch bei den

Patienten ohne Eckzahnverlagerung handelt es sich nicht um eine wahre Kontrollgruppe.

Die unilaterale Verlagerung kam in 34 Fällen vor, während eine bilaterale Verlagerung in 19 Fällen vorlag. Das entspricht einer Prävalenz der bilateralen Verlagerung von 36 % und stimmt mit anderen in der Literatur angegebenen Werten überein. Rechter und linker oberer Eckzahn waren ungefähr gleich häufig verlagert. Diese Tatsache deckt sich mit den Ergebnisse von Stahl [28]. Grande et al. [16] finden in vielen Fällen eine Verlagerung des rechten Eckzahnes, Harzer eine Häufung des linken Eckzahnes [17], was allerdings als ein zufälliges Geschehen gewertet werden kann.

Die in dieser Studie ermittelten Winkel für die Zähne 13 und 23 liegen im Durchschnitt über den von Dausch-Neumann angegebenen Werten. Diese Tatsache ist damit zu erklären, dass Patienten, deren Eckzahnwinkel über den Normwerten liegen, hier nicht als verlagert, sondern in der Zahnentwicklung als fortgeschritten und damit als nicht problematisch eingestuft wurden.

In einer Studie von Harzer [17], in der die Eckzahnwinkel vor und nach kieferorthopädischer Einordnung allerdings ohne weitere Unterteilung der Patienten in Altersklassen oder Zuteilung zu einem Entwicklungsstadium gemessen werden, wird ein Mittelwert von $70,4^\circ$ für den Winkel des oberen Eckzahnes zur Okklusionsebene vor der Behandlung festgestellt. Der hier bestimmte Wert kommt den in dieser Studie berechneten Winkeln sehr nahe. Auch Grande et al. [16] wählten die Methode nach Dausch-Neumann und stellten Therapiedauer in Bezug zum Eckzahnwinkel. Diese Werte liegen mit einem Durchschnittswert von $58,2^\circ$ deutlich darunter.

4.4 Bewertung der Auswertungsmethoden

Die Methoden nach Dausch-Neumann für die Auswertung von Panoramaschichtaufnahmen sowie die für Fernröntgenseitenbilder nach Ericson und Kurol stellen einen guten Ansatz zur Interpretation der Röntgenbilder dar. Aufgrund der Problematik der Bestimmung von Normwerten, außerhalb derer die Eckzähne als verlagert gelten, und der Tatsache, dass ein erfahrener Behandler ohne Auswertung nur durch Betrachtung der Röntgenbilder mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit eine Verlagerung des Eckzahnes bestimmen kann, stoßen diese Methoden allerdings auch an ihre Grenzen. Sie können sicherlich als Hilfsmittel dienen. Ihre Ergebnisse decken sich mit den auf andere Weise ermittelten Befunden. Mit Hilfe der Auswertungsmethoden kann eine zweite, in einer anderen Ebene vorgenommene Röntgenaufnahme - in diesem Fall eine Oberkieferaufbissaufnahme - nicht eingespart werden.

Eine Studie von Stahl et al. [28] bestätigt, dass Verlagerungen frühzeitig rein visuell anhand des Röntgenbildes diagnostiziert werden können, und weist auf frühzeitig erkennbare Seitenungleichheiten hin.

4.5 Schlussfolgerung und Ausblick

Für die Zukunft sollten multizentrische Studien angesetzt werden, bei denen eine höhere Probandenzahl berücksichtigt werden kann. Die Fallzahl von 72 verlagerten Eckzähnen in dieser Studie könnte die Aussagekraft der Ergebnisse einschränken. Durch die Entwicklung einer Formel zur Bestimmung des Einflusses des Eckzahnwinkels könnte dem kieferorthopädischen Behandler ein weiteres Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden.

Tendenzen des Oberkieferwachstums sollten bei der Diagnostik der Verlagerung beachtet werden. Auch wäre es möglicherweise von Vorteil, die Auswertung der Röntgenbilder um eine Modellanalyse zu ergänzen und diese mit bereits erhobenen Befunden in Bezug zu setzen.

In einer Stellungnahme der deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie aus dem Oktober 2008 werden als Indikationen der digitalen Volumentomographie u. a.

Anomalien des Zahnbestandes genannt. Ebenso wird sie als Mittel zur Diagnostik der Topographie retinierter und verlagertes Zahnkeime empfohlen. Mit Hilfe dieser Technik gelangt man zu genauen Informationen über die Lage und das Ausmaß der Verlagerung eines Zahnes. Eine genaue Betrachtung in verschiedenen Schichten wird realisiert. Als weiteren Vorteil der 3D-Bildgebung ist die Möglichkeit der Beurteilung von Wurzelresorptionen zu nennen, die in Verbindung mit der Eckzahnverlagerung auftreten können und röntgenologisch nicht zu diagnostizieren sind. Nachteilig bleibt die gegenüber der konventionellen Röntgendiagnostik erhöhte Strahlenbelastung für Kinder und Jugendliche. Daher muss die strenge Indikationsstellung stets berücksichtigt werden.

5 Zusammenfassung

Die Diagnose und die anschließende Einordnung eines verlagerten Eckzahnes zählen nach wie vor zu den Herausforderungen der kieferorthopädischen Praxis. Die hohe funktionelle und ästhetische Bedeutung des oberen Eckzahnes rechtfertigt weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet. Auch die hohe Prävalenz des nach dem Weisheitszahn am häufigsten verlagerten Zahnes unterstreicht die Wichtigkeit weiterer Studien. Die verschiedenen Entwicklungsphasen und der lange Durchbruchweg mit dem seitlichen Schneidezahn als Führungsschiene verstärken die Gefahr einer fehlerhaften Entwicklung.

Die frühe Diagnostik und eine schnelle Entscheidung für die adäquate Therapie sind dabei von Relevanz insbesondere, um möglichen Komplikationen wie Wurzelresorptionen vorzubeugen.

Ein verlagertes Eckzahn erfordert eine langwierige Therapie. Eine späte Diagnose und das zunehmende Alter des Patienten lassen einfache, präventive Therapiemaßnahmen wie die Entfernung des persistierenden Milchzahnvorgängers unmöglich werden. Die fehlende Aufrichtung des Eckzahnes wird zusätzlich negativ durch die Weiterentwicklung der Eckzahnwurzel und die Wanderung des ersten Molaren nach mesial beeinflusst. Das Ausmaß der Verlagerung, ausgebliebene Wachstumsimpulse, weitere Fehlstellungen oder Verlagerungen und Abweichungen der Okklusion bestimmen den Umfang der Behandlung.

Es wurden bereits verschiedene Mittel zur Diagnosestellung eines verlagerten Eckzahnes vorgeschlagen, weiterhin dient das Orthopantomogramm allerdings unbestritten als Grundlage kieferorthopädischer Behandlung.

Um mögliche Zusammenhänge zwischen der Verlagerung des Eckzahnes und weiteren Fehlstellungen aufzudecken, wurde eine Auswertungsmethode gesucht, die es ermöglicht, bereits vor dem Durchbruch des Eckzahnes die fehlerhafte Entwicklung einschätzen zu können. So wurden als Grundlagen dieser Studie Methoden nach Dausch-Neumann sowie Ericson und Kurol gewählt.

130 Patienten wurden in diese Studie aufgenommen, für die jeweils ein Orthopantomogramm ausgewertet und mit den Ergebnissen der Fernröntgenseitenbildanalyse in Bezug gebracht wurde.

Zusammenfassend zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Achse des Eckzahnes bzw. dem Zahnentwicklungsstadium Status D und sagittalen und vertikalen Parametern.

Es war nicht möglich, Risikofaktoren für eine Eckzahnverlagerung festzulegen, Rückschlüsse aus der Analyse der Fernröntgenseitenbilder zu ziehen und damit wichtige Anhaltspunkte für die Diagnose der Eckzahnverlagerung zu formulieren.

Die gewählten Auswertungsmethoden stellen diagnostische Hilfsmittel bei der Identifikation der Eckzahnverlagerung dar, benötigen allerdings einer Weiterentwicklung. Sie ersetzen keinesfalls eine umfangreichere Diagnostik.

6 Literaturverzeichnis

1. Al-Nimri, K. and T. Gharaibeh, *Space conditions and dental and occlusal features in patients with palatally impacted maxillary canines: an aetiological study*. Eur J Orthod, 2005. **27**(5): p. 461-465.
2. Becker, A., *Einordnung verlagelter Zähne - Kieferorthopädisches Problemmanagement mit festsitzenden Behandlungsmechaniken*. 1999, Deutscher Zahnärzte Verlag.
3. Becker, A., P. Smith, and R. Behar, *The incidence of anomalous maxillary lateral incisors in relation to palatally-displaced cuspids*. Angle Orthod, 1981. **51**(1): p. 24-29.
4. Broadbent, B.H., *Ontogenic Development of Occlusion*. Angle Orthod, 1941. **11**: p. 223-241.
5. Bruntz, L.Q., et al., *A comparison of scanned lateral cephalograms with corresponding original radiographs*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2006. **130**(3): p. 340-348.
6. Chaushu, S., G. Chaushu, and A. Becker, *The use of panoramic radiographs to localize displaced maxillary canines*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1999. **88**(4): p. 511-516.
7. Chen, Y.-J., et al., *The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry*. Angle Orthod, 2004. **74**(2): p. 155-161.
8. Coulter, J. and A. Richardson, *Normal eruption of the maxillary canine quantified in three dimensions*. Eur J Orthod, 1997. **19**(2): p. 171-183.
9. Dachi, S.F. and F.V. Howell, *A survey of 3, 874 routine full-month radiographs. II. A study of impacted teeth*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1961. **14**: p. 1165-1169.
10. Dausch-Neumann, D., *Der Durchbruchsweg bleibender Eckzähne*. Fortschr Kieferorthop, 1970. **31**(1): p. 9-16.
11. Dewel, B.F., *The Upper Cuspid: Its Development and Impaction*. Angle Orthod, 1947. **14**(2).
12. Ericson, S. and J. Kurol, *Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines*. Eur J Orthod, 1988. **10**(4): p. 283-295.
13. Ericson, S. and J. Kurol, *Longitudinal study and analysis of clinical supervision of maxillary canine eruption*. Community Dent Oral Epidemiol, 1986. **14**(3): p. 172-176.
14. Ericson, S. and J. Kurol, *Resorption of maxillary lateral incisors caused by ectopic eruption of the canines. A clinical and radiographic analysis of predisposing factors*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1988. **94**(6): p. 503-513.
15. Gliddon, M.J., et al., *The accuracy of cephalometric tracing superimposition*. J Oral Maxillofac Surg, 2006. **64**(2): p. 194-202.

16. Grande, T., et al., *The displaced maxillary canine--a retrospective study*. J Orofac Orthop, 2006. **67**(6): p. 441-449.
17. Harzer, W., D. Seifert, and Y. Mahdi, *Die kieferorthopädische Einordnung retinierter Zähne unter besonderer Berücksichtigung des Behandlungsalters, der Angulation und der dynamischen Okklusion*. Fortschr Kieferorthop, 1994. **55**(2): p. 47-53.
18. Hoffmann-Axthelm, *Lexikon der Zahnmedizin*. Vol. 6. 2000, Berlin: Quintessenz Verlag. p. 639.
19. Jacoby, H., *The etiology of maxillary canine impactions*. Am J Orthod, 1983. **84**(2): p. 125-132.
20. Leifert, S. and I.E. Jonas, *Dental anomalies as a microsymptom of palatal canine displacement*. J Orofac Orthop, 2003. **64**(2): p. 108-120.
21. McConnell, T.L., et al., *Maxillary canine impaction in patients with transverse maxillary deficiency*. ASDC J Dent Child, 1996. **63**(3): p. 190-195.
22. Nötzel, F., Schultz, C., M. Hartung, *Fernröntgenseitenbild-Analyse*. 2007, Köln: Deutscher Zahnärzterverlag.
23. Oliver, R.G., J.E. Mannion, and J.M. Robinson, *Morphology of the maxillary lateral incisor in cases of unilateral impaction of the maxillary canine*. Br J Orthod, 1989. **16**(1): p. 9-16.
24. Peck, S., L. Peck, and M. Kataja, *The palatally displaced canine as a dental anomaly of genetic origin*. Angle Orthod, 1994. **64**(4): p. 249-256.
25. Richardson, G. and K.A. Russell, *A review of impacted permanent maxillary cuspids--diagnosis and prevention*. J Can Dent Assoc, 2000. **66**(9): p. 497-501.
26. Schopf, P., *Curriculum Kieferorthopädie*. Band I. Vol. 3. 2000, Berlin: Quintessenz Verlag.
27. Segner, D.a.A.H., *Individualisierte Kephalemetrie*. Vol. 3. 1998, Hamburg: Grunewald Verlag.
28. Stahl, F. and R. Grabowski, *Maxillary canine displacement and genetically determined predisposition to disturbed development of the dentition*. J Orofac Orthop, 2003. **64**(3): p. 167-177.
29. Strub, J.R.a.J.C.T.e.a., *Curriculum Prothetik*. Vol. 1 Band I. , Berlin: Quintessenz Verlag. p. 121.
30. Warford, J.H., R.K. Grandhi, and D.E. Tira, *Prediction of maxillary canine impaction using sectors and angular measurement*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2003. **124**(6): p. 651-655.
31. Wiemann, M., *Einfluss des Winkels zwischen der Zahnachsenrichtung der Eckzahn-Keimlage im Oberkiefer und der Apertura Piriformis auf dem Durchbruchsweg des Eckzahnes*. 1976, Dissertation, Universität Hamburg: Hamburg.

7 Anhang

	Verlagert		Nicht Verlagert	
	Kolmogorov-Smirnov	Asymptotische Signifikanz	Kolmogorov-Smirnov	Asymptotische Signifikanz
Alter	0,49	0,97	0,723	0,672
Winkel 13	0,68	0,74	0,811	0,526
Winkel 23	0,47	0,98	1,075	0,198
SNA	0,41	1,00	0,658	0,779
SNB	0,66	0,77	0,638	0,811
ANB	0,72	0,68	0,782	0,573
NL-NSL	0,59	0,87	0,926	0,357
ML-NL	0,50	0,96	0,667	0,766
Interinzisalwinkel	1,05	0,22	0,857	0,455
OK1-NA-Winkel	0,87	0,44	1,574	0,014
Index	0,48	0,97	0,552	0,920
Gesichtshöhenverhältnis	0,59	0,88	0,697	0,716
δ	0,94	0,34	0,987	0,284
d	0,72	0,68	0,647	0,797
WITS	0,85	0,47	0,557	0,916
SNPog	0,46	0,98	0,503	0,962
NSBa	0,75	0,63	0,642	0,804
ArGoMe	0,41	1,00	0,453	0,987
SNGn	0,47	0,98	0,495	0,967
NSAr	0,46	0,98	0,533	0,939
SArGo	0,60	0,86	0,500	0,964
Björk	0,47	0,98	0,888	0,410
ML-NSL	0,47	0,98	0,893	0,403

Tab. 7.1: Test nach Kolmogorov-Smirnov auf Normalverteilung für Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung. Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$.

	Verlagert											
	Status 1 (N = 16)				Status 2 (N = 28)				Status 3 (N = 9)			
	MW	STD	\bar{x}	v(X)	MW	STD	\bar{x}	v(X)	MW	STD	\bar{x}	v(X)
Alter	8,61	1,25	8,25	0,37	9,83	1,30	9,54	0,45	12,55	1,47	12,25	0,43
Winkel 13	71,44	5,96	71,85	-0,22	72,46	7,70	72,92	-0,93	74,65	17,47	78,74	-0,58
Winkel 23	69,73	12,64	72,20	-0,07	72,49	6,51	74,56	-1,16	70,50	17,12	72,77	-0,23
SNA	81,01	4,82	82,20	-1,19	82,02	5,18	81,35	0,47	79,08	3,88	78,40	0,53
SNB	76,39	4,56	77,74	-0,58	77,46	4,61	78,04	0,24	78,15	3,50	79,60	-0,64
ANB	4,62	3,63	3,94	1,11	4,55	3,01	4,35	-0,52	0,93	3,53	1,59	-1,03
NL-NSL	9,32	5,24	8,04	1,57	7,46	3,73	8,01	0,47	6,03	3,26	5,97	-0,48
ML-NL	27,04	4,97	27,45	-1,03	27,61	6,29	26,77	-0,02	29,14	3,85	29,38	-0,30
Interinzisalwinkel	138,50	19,82	136,40	0,69	131,62	13,81	128,72	0,68	134,28	9,29	131,57	1,01
OKI-NA-Winkel	13,33	20,64	20,68	-1,47	20,91	6,49	21,32	-0,04	21,61	3,97	23,65	-0,66
Index	78,04	5,61	79,62	-0,37	83,10	7,62	83,87	-0,01	77,34	5,44	76,82	-0,37
Gesichtshöhenverhältnis	62,20	5,17	62,72	-2,00	63,51	5,19	64,33	0,43	63,98	4,03	63,27	0,64
δ	71,32	10,09	71,51	-1,11	72,12	9,02	71,61	-0,73	72,10	11,09	74,09	-0,56
d	13,45	1,53	12,95	0,63	9,98	2,34	9,88	0,30	8,55	2,34	9,15	-0,09
WITS	0,24	5,41	0,17	0,37	0,34	3,72	0,20	-0,22	-3,77	4,74	-3,13	-0,51
SNPog	76,72	4,84	77,96	-0,56	78,18	4,71	78,32	0,27	78,96	3,39	80,12	-0,32
NSBa	129,22	5,48	128,97	0,34	130,95	5,59	130,94	-0,28	131,39	4,27	132,12	-0,28
ArGoMe	133,22	6,13	133,44	0,13	128,94	6,20	129,88	0,09	128,77	5,49	128,77	0,40
SNGn	67,89	3,79	67,31	0,52	67,56	4,36	68,16	-0,23	68,00	3,19	66,88	0,57
NSAr	122,37	5,79	122,20	0,74	122,81	5,98	123,18	0,03	122,80	3,17	123,96	0,02
SArGo	140,70	7,77	139,58	-0,55	142,90	6,41	142,09	-0,27	143,75	8,23	144,02	-0,18
Björk	396,29	5,16	395,09	2,06	394,64	6,07	394,23	-0,25	395,32	3,74	393,97	1,54
ML-NSL	36,29	5,17	35,09	2,06	34,64	6,07	34,23	-0,25	35,32	3,74	33,96	1,54

Tab. 7.2: Deskriptive Statistik für Patienten mit Eckzahnverlagerung. Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$.

	Nicht Verlagert											
	Status 1 (N = 18)				Status 2 (N = 43)				Status 3 (N = 16)			
	MW	STD	\bar{x}	v(X)	MW	STD	\bar{x}	v(X)	MW	STD	\bar{x}	v(X)
Alter	8,58	1,17	8,54	0,22	10,08	0,98	10,08	0,05	11,97	1,15	11,83	0,12
Winkel 13	80,64	5,67	82,46	-0,39	84,03	5,59	83,02	0,61	89,24	7,60	87,17	0,87
Winkel 23	78,72	5,01	78,08	0,97	84,05	4,99	84,03	0,65	89,54	5,37	89,70	0,21
SNA	82,76	4,12	82,40	-0,29	81,39	4,42	81,47	-0,20	82,47	4,07	82,73	-0,43
SNB	78,13	4,07	78,50	-0,02	76,62	3,82	77,00	-0,27	80,21	4,01	80,18	0,28
ANB	4,63	3,32	4,02	0,39	4,78	2,61	4,02	0,83	2,25	4,07	3,02	-1,03
NL-NSL	6,94	4,12	7,77	0,23	7,59	3,53	7,32	0,81	5,20	3,24	5,09	0,55
ML-NL	28,61	3,83	28,35	0,33	27,54	5,01	27,14	0,45	27,27	5,79	26,44	0,12
Interinzisalwinkel	135,42	9,95	136,31	0,02	130,91	12,56	126,61	1,30	131,61	10,85	132,84	-0,13
OKI-NA-Winkel	16,59	7,02	16,23	0,43	19,63	9,79	21,33	-1,95	22,52	8,88	22,42	-0,26
Index	75,93	7,51	75,73	-1,53	82,22	6,59	82,88	0,12	79,76	5,92	79,27	0,28
Gesichtshöhenverhältnis	62,85	3,94	63,43	0,03	63,49	4,68	64,47	-0,31	67,00	5,80	65,86	1,43
δ	78,25	5,77	76,89	0,56	77,36	8,26	76,11	0,73	78,70	7,83	77,52	1,24
d	13,40	1,67	13,58	-0,74	7,11	3,62	7,42	-0,02	3,97	2,73	3,09	0,31
WITS	-0,77	2,75	-0,50	-0,57	0,82	2,58	0,53	-0,02	-2,12	4,52	-0,90	-0,76
SNPog	78,29	4,16	78,91	0,05	77,27	3,86	77,26	-0,23	81,17	4,25	81,32	0,31
NSBa	129,32	3,88	128,66	-0,37	131,10	4,49	130,49	0,59	127,59	6,64	125,58	1,06
ArGoMe	130,69	3,66	131,11	-0,97	128,55	5,92	128,41	-0,10	129,66	6,18	129,82	0,32
SNGn	67,28	3,41	67,54	-0,19	68,35	4,06	68,55	0,81	65,84	4,60	65,70	-0,16
NSAr	122,44	4,42	122,65	0,09	123,54	4,94	123,35	0,44	119,27	8,04	119,01	-0,19
SArGo	142,36	6,42	140,67	0,06	143,05	6,32	142,52	0,91	143,36	6,21	144,85	-0,94
Björk	395,49	4,31	394,96	-0,21	395,14	5,52	395,52	0,72	392,30	6,74	392,77	-0,38
ML-NSL	35,49	4,31	34,96	-0,21	35,14	5,53	35,52	0,72	32,30	6,74	32,78	-0,38

Tab. 7.3: Deskriptive Statistik für Patienten ohne Eckzahnverlagerung. Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$.

	Digital / Scan		Wiederholungs- messungen		Vergleich mit Kieferorthopäden		totaler Messfehler	
	mittlere Abw.	Dahl- berg	mittlere Abw.	Dahl- berg	mittlere Abw.	Dahl- berg	absolute Abw.	Dahl- berg
Winkel 13	0,28	0,31	0,39	0,46	0,56	0,68	0,74	0,50
Winkel 23	0,34	0,38	0,27	0,32	0,48	0,67	0,64	0,48
SNA	0,17	0,23	0,32	0,35	0,33	0,39	0,49	0,33
SNB	0,27	0,32	0,22	0,25	0,16	0,21	0,39	0,26
ANB	0,21	0,23	0,27	0,29	0,27	0,35	0,44	0,29
NL-NSL	0,28	0,35	0,34	0,35	0,31	0,40	0,54	0,37
ML-NL	0,45	0,48	0,24	0,27	0,43	0,55	0,67	0,45
Interinzisal- winkel	0,48	0,55	0,38	0,47	0,71	0,73	0,94	0,59
OK1-NA- Winkel	0,23	0,25	0,38	0,47	0,29	0,36	0,53	0,37
Index	1,52	1,91	0,72	0,93	1,11	2,10	2,01	1,73
Gesichtshöhen- verhältnis	0,75	0,90	0,19	0,19	0,71	1,25	1,05	0,89
δ	0,40	0,45	0,36	0,38	4,26	6,07	4,29	3,52
d	0,21	0,28	0,12	0,17	0,24	0,29	0,34	0,25
WITS	0,79	1,22	0,38	0,48	0,26	0,44	0,91	0,80
SNPog	0,43	0,44	0,25	0,28	0,22	0,27	0,54	0,34
NSBa	0,30	0,34	0,57	0,61	1,43	1,63	1,57	1,02
ArGoMe	0,66	0,86	0,67	0,76	1,80	2,10	2,03	1,38
SNGn	0,21	0,35	0,22	0,28	0,15	0,17	0,34	0,28
NSAr	0,75	0,90	0,76	0,93	1,19	1,43	1,60	1,11
SArGo	0,67	0,84	1,00	1,15	1,26	2,15	1,74	1,49
Björk	0,70	0,71	0,43	0,51	0,75	1,10	1,11	0,81
ML-NSL	0,63	0,67	0,30	0,33	0,75	1,10	1,03	0,76

Tab. 7.4: Darstellung der Messfehler. Absolute Abweichung und Messfehler nach Dahlberg.

Nicht Verlagert															
	Winkel 13	Winkel 23	Index	V. Ges.	Status D	d	WITS	SNPog	NSBa	ArGo-Me	SNGn	NSAr	SArGo	Björk	ML-NSL
Winkel 13	K	0,49	-0,09	0,23	0,36	-0,50	-0,02	0,15	-0,29	-0,15	-0,04	-0,38	0,30	-0,17	-0,17
	P	0,00	0,44	0,04	0,00	0,00	0,87	0,20	0,01	0,19	0,73	0,00	0,01	0,14	0,14
Winkel 23	K	-0,09	0,04	0,13	0,59	-0,63	0,00	0,06	-0,13	-0,03	0,08	-0,10	0,13	-0,03	-0,03
	P	0,54	0,75	0,26	0,00	0,00	1,00	0,61	0,25	0,77	0,51	0,40	0,25	0,80	0,80
Index	K	0,11	0,18	-0,09	-0,25	-0,29	0,27	-0,34	0,34	-0,17	0,16	0,22	-0,05	0,03	0,03
	P	0,45	0,19	0,43	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,14	0,17	0,05	0,68	0,81	0,81
V. Ges.	K	-0,07	-0,05		-0,19	-0,17	-0,09	0,74	-0,43	-0,42	-0,65	-0,37	0,00	-0,89	-0,89
	P	0,62	0,73	0,14	0,10	0,13	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00
StatusD	K	0,07	0,23	-0,10	-0,05	0,01	-0,20	-0,13	0,16	0,02	0,20	0,08	0,09	0,21	0,21
	P	0,61	0,10	0,48	0,70	0,92	0,08	0,25	0,16	0,84	0,08	0,50	0,45	0,07	0,07
d	K	-0,44	-0,21	-0,23	-0,04	0,10	-0,04	-0,08	0,07	0,20	-0,04	0,12	-0,16	0,11	0,11
	P	0,00	0,14	0,10	0,80	0,47	0,74	0,48	0,56	0,09	0,75	0,31	0,18	0,33	0,33
WITS	K	-0,07	0,14	0,17	-0,12	0,07		-0,32	0,22	-0,14	0,17	0,27	-0,10	-0,01	-0,01
	P	0,63	0,32	0,22	0,40	0,48		0,00	0,06	0,23	0,15	0,02	0,40	0,96	0,96
SNPog	K	-0,18	0,00	-0,19	-0,18	-0,12	-0,40		-0,58	-0,23	-0,85	-0,49	0,07	-0,76	-0,76
	P	0,20	1,00	0,17	0,00	0,42	0,00		0,00	0,05	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00
NSBa	K	0,35	0,05	0,45	-0,36	-0,18	0,19	-0,52		-0,03	0,40	0,78	-0,44	0,31	0,31
	P	0,01	0,75	0,00	0,01	0,21	0,19	0,00		0,80	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
ArGoMe	K	0,10	-0,19	-0,08	-0,28	0,26	-0,41	-0,04	0,04		0,33	0,18	-0,43	0,61	0,61
	P	0,50	0,18	0,56	0,05	0,06	0,00	0,79	0,80		0,00	0,13	0,00	0,00	0,00
SNGn	K	0,07	-0,03	0,07	-0,64	0,11	0,12	-0,83	0,34	0,16		0,42	-0,05	0,82	0,82
	P	0,63	0,82	0,62	0,00	0,45	0,38	0,00	0,01	0,27		0,00	0,69	0,00	0,00
NSAr	K	0,32	-0,01	0,39	-0,48	-0,08	0,18	-0,59	0,79	0,11	0,50		-0,75	0,31	0,31
	P	0,02	0,96	0,00	0,00	0,55	0,20	0,00	0,00	0,44	0,00		0,00	0,01	0,01
SArGo	K	-0,23	0,11	-0,25	0,00	-0,11	0,06	0,03	-0,46	-0,55	0,07	-0,60		-0,02	-0,02
	P	0,10	0,42	0,08	0,98	0,42	0,69	0,86	0,00	0,00	0,63	0,00		0,88	0,88
Björk	K	0,06	-0,04	0,08	-0,87	0,18	-0,02	-0,74	0,30	0,41	0,87	0,45	0,00		1,00
	P	0,68	0,79	0,59	0,00	0,29	0,91	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,99		0,00
ML-NSL	K	0,06	-0,04	0,08	-0,87	0,18	-0,02	-0,74	0,30	0,41	0,87	0,45	0,00	1,00	1,00
	P	0,68	0,79	0,59	0,00	0,29	0,91	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00

Tab. 7.5: Korrelationen nach Spearman über alle Werte für Patienten mit und ohne Eckzahnverlagerung. Korrelationsniveau $\alpha = 5\%$.

8 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Helge Fischer-Brandies, Direktor der Klinik für Kieferorthopädie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel, für die Ermöglichung meiner Promotion.

Herrn Dr. Thorsten Sommer, Oberarzt der Klinik für Kieferorthopädie, danke ich für die Überlassung des Promotionsthemas und für die Hilfe und Bereitstellung von Arbeitsmaterialien. Ich bedanke mich für die freundliche und allzeit engagierte Unterstützung meiner Arbeit.

Herrn Robert Ciesielski, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Klinik für Kieferorthopädie, danke ich für die Hilfe bei der statistischen Datenauswertung.

Besonders möchte ich mich bei Frau Benning, ehemalige Bibliothekarin des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Kiel für die Unterstützung und Mithilfe bei der Literatursuche bedanken.

Ich danke meinen Eltern für die Ermöglichung meiner Ausbildung und für die Unterstützung bei meiner Dissertation. Des Weiteren bedanke ich mich für die Hilfe beim Korrekturlesen und die nützlichen Verbesserungsvorschläge.