

**Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie  
der Ludwigs-Maximilians-Universität München  
Direktorin: Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson**

**Wurzelresorptionen an seitlichen Schneidezähnen bedingt durch  
palatinale Eckzahnverlagerung**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von  
Sebastian Helgert  
aus München  
2008



**Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie  
der Ludwigs-Maximilians-Universität München  
Direktorin: Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson**

Wurzelresorptionen an seitlichen Schneidezähnen bedingt durch  
palatinale Eckzahnverlagerung

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von  
Sebastian Helgert  
aus München  
2008

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Karl-Heinz Kunzelmann

Mitbetreuung durch den  
Promovierten Mitarbeiter: Dr. Ekaterini Paschos

Dekan: Prof. Dr. Dietrich Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 21.07.2008



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 LITERATURÜBERSICHT</b> .....	<b>3</b>
2.1 DIE ERUPTION DES OBEREN ECKZAHNES.....	3
2.2 PRÄVALENZ DER ECKZAHNVERLAGERUNG .....	5
2.3 ÄTIOLOGIE.....	6
2.3.1 Guidance-Theorie.....	7
2.3.2 Vererbungstheorie .....	8
2.4 DIAGNOSE.....	9
2.4.1 Klinischer Befund .....	9
2.4.2 Palpation.....	10
2.4.3 Röntgenologische Diagnostik .....	10
2.4.3.1 <i>Differenzierte röntgenologische Methoden</i> .....	11
2.4.3.1.1 Periapikale Zahnfilme .....	11
2.4.3.1.2 Aufbissaufnahmen.....	11
2.4.3.1.3 Orthopantomogramm (OPG).....	12
2.4.3.1.4 Fernröntgenseitenbild (FRS).....	13
2.4.3.2 <i>Diagnose der dreidimensionalen Zahnposition</i> .....	13
2.4.3.2.1 Parallaxentechnik .....	13
2.4.3.3 <i>Computertomographie</i> .....	16
2.5 KOMPLIKATIONEN DER PALATINALEN ECKZAHNVERLAGERUNG .....	17
2.5.1 Resorption der benachbarten seitlichen Schneidezähnen.....	17
2.5.2 Follikelvergrößerung .....	19
2.6 LAGEBESTIMMUNG DES VERLAGERTEN ECKZAHNES .....	21
2.6.1 Winkel, Strecken und Sektoren im Orthopantomogramm .....	21
2.6.1.1 <i>Eckzahnwinkel nach Dausch-Neumann</i> .....	21
2.6.1.2 <i>Eckzahnabstand</i> .....	22
2.6.1.3 <i>Inklination des Eckzahns</i> .....	23
2.6.1.4 <i>Sektorenunterteilung</i> .....	26
2.6.1.5 <i>Vertikalentwicklung</i> .....	28
2.6.2 Winkel, Strecken und Sektoren in der Aufbiss- Aufnahme (Axial-vertex projection)...	30

2.5.3 Winkel und Strecken im Fernröntgenseitenbild (Lateral head film).....	32
2.7 THERAPIE.....	<b>33</b>
<b>3 MATERIAL UND METHODE.....</b>	<b>35</b>
3.1 AUSWERTUNG DER JOURNALE.....	<b>36</b>
3.2 AUSWERTUNG DER RADIOLOGISCHEN BEFUNDE .....	<b>37</b>
3.2.1 Auswertung des Orthopantomogramms.....	37
3.2.2 Auswertung der Aufbissaufnahme .....	40
3.2.3 Auswertung des Fernröntgenseitenbildes.....	40
3.2.4 Auswertung des Zahnfilms.....	41
3.3 AUSWERTUNG DER SITUATIONSMODELLE .....	<b>41</b>
<b>4 FRAGESTELLUNG.....</b>	<b>43</b>
<b>5 ERGEBNISSE .....</b>	<b>44</b>
5.1 UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DER UNTERSUCHUNGS- UND KONTROLLGRUPPE .....	<b>44</b>
5.2 KORRELATIONEN.....	<b>47</b>
5.2.1 Korrelationskoeffizienten der Patienten ohne Wurzelresorptionen .....	48
5.2.2 Korrelationskoeffizienten der Patienten mit Wurzelresorptionen.....	51
5.2.3 Korrelationskoeffizienten des gesamten Patientengutes.....	56
<b>6 DISKUSSION.....</b>	<b>61</b>
6.1. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE .....	<b>61</b>
6.1.1 Diskussion der Unterschiede zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe.....	61
6.1.2 Diskussion der Korrelationskoeffizienten der Patienten ohne Wurzelresorptionen .....	68
6.1.3 Diskussion der Korrelationskoeffizienten der Patienten mit Wurzelresorptionen.....	70
6.1.4 Diskussion der Korrelationskoeffizienten des gesamten Patientengutes .....	74
6.2 SCHLUSSFOLGERUNG.....	<b>77</b>

<b>7 ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>80</b>
<b>8 LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>83</b>
<b>9 ANHANG.....</b>	<b>89</b>
9.1 ERHEBUNGSBOGEN.....	89
9.2 DEFINITIONEN DER STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	<b>92</b>
<b>10 DANKSAGUNG .....</b>	<b>93</b>
<b>11 LEBENSLAUF .....</b>	<b>94</b>





## **1 Einleitung**

Der Eckzahn benötigt im Vergleich zu den anderen Zähnen die längste Entwicklungszeit und entsteht am weitesten entfernt von der Okklusionsebene. Auch auf Grund dessen ist der Caninus nach den Weisheitszähnen bezüglich Verlagerungen und Retentionen am häufigsten betroffen. Des Weiteren ist die palatinale häufiger als die bukkale Verlagerung vorzufinden und tritt häufiger bei Frauen als bei Männern auf.

Ätiologisch wird zum einen ein Platzüberschuss bedingt durch Nichtanlage oder Formveränderung der seitlichen Schneidezahnwurzeln angenommen, wodurch dem Eckzahn die Nachbarzahnwurzeln als Leitschiene zur Eruption fehlen. Zum anderen scheint die Eckzahnverlagerung in einen Komplex genetisch bedingter Anomalien eingebunden zu sein, dem auch eine Störung der Zahnleiste zugrunde liegt. Diese Theorie unterstützend lassen sich gehäuftes intrafamiliäres Vorkommen von Aplasien, Hypoplasien, Deckbiss und anderen Retentionen, die gehäufte bilaterale Retention des Eckzahns, deutliche Unterschiede in verschiedenen Populationen sowie signifikante Geschlechtsunterschiede anführen. Letztendlich wird eine Kombination beider Theorien als Ursache der Eckzahnverlagerung erachtet.

Die klinische und palpatorische Diagnose der palatinalen Eckzahnverlagerung wird durch die röntgenologische Diagnostik verifiziert. Dabei können der Zahnfilm, das Orthopantomogramm, das Fernröntgenseitenbild sowie die Aufbissaufnahme zur Anwendung kommen. Die Computertomographie dient zur Abklärung einzelner Fälle bei strenger Indikation und wird auf Grund der hohen Strahlenbelastung und der hohen Kosten allerdings nur in Einzelfällen durchgeführt. Allerdings erweist sich die Computertomographie bezüglich der Diagnostik und der Genauigkeit am zuverlässigsten.

Mittels der Röntgendiagnostik können die Position und der Grad der Eckzahnverlagerung sowie die Entfernung der Eckzahnspitze zu der Kauebene erfasst werden, um weitere therapeutische Schritte einzuleiten. Hierbei stellen sich auch mögliche Komplikationen der Eckzahnverlagerung wie die Follikelvergrößerung und die Resorption der Schneidezahnwurzel dar. Speziell die Resorption der seitlichen Schneidezahnwurzel erweist sich als Problem, da in den üblichen Röntgenbildern, wenn überhaupt, nur apikale Resorptionen schwereren Ausmaßes

zu erkennen sind, laterale und beginnende apikale Resorptionen aber höchstens im CT zu diagnostizieren sind.

Aus diesem Grunde versucht diese Untersuchung mögliche Ursachen und Gegebenheiten herauszufinden, welche eine Resorption verursachen können, um so bei der Entscheidungsfindung für die Indikation von weiterführenden diagnostischen Maßnahmen und die Wahl des therapeutischen Ansatzes behilflich zu sein.

## **2 Literaturübersicht**

### **2.1 Die Eruption des oberen Eckzahnes**

Der obere Eckzahn benötigt die längste Entwicklungszeit und besitzt die weiteste Distanz vom Ort seiner Entstehung bis zum Erreichen der Okklusionsebene im Vergleich zu anderen Zähnen. Dadurch wird er unter entwicklungsgeschichtlichen Aspekten zum interessantesten Zahn [10].

Nach *Dickson* entstehen die oberen Eckzähne am Boden der Orbita und wandern von dort nach vorne unten lateral [11], um dann in die Mundhöhle durchzubrechen.

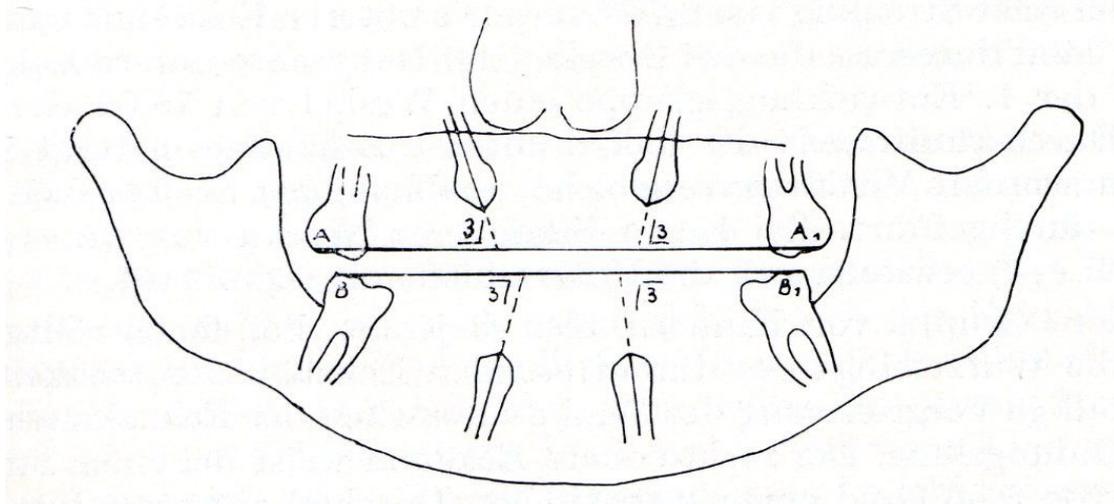
*Jacoby* beschreibt seinen Entstehungsort genauer. Der Eckzahnkeim befindet sich demnach zwischen der Nasenhöhle, dem Orbitaboden und der vorderen Wand des Sinus maxillaris [37].

Obwohl seine Kalzifizierung zwischen dem vierten und fünften Lebensmonat beinahe zeitgleich mit der Kalzifizierung der ersten Molaren und der mittleren Schneidezähne einsetzt, benötigt er für die komplette Eruption beinahe doppelt solange, wodurch er über einen längeren Zeitraum äußeren Einflüssen ausgesetzt ist [10].

Etwa im dritten Lebensjahr kommt es im Rahmen der Eruption des Milchgebisses zu einer Mesialdrift, wobei der Eckzahn vom Orbitaboden in Richtung Wurzelspitze des Milcheckzahnes wandert. Mit Beginn der Bildung der Eckzahnwurzel im durchschnittlich siebten Lebensjahr wird die Eruption des bleibenden Eckzahns eingeleitet. Hierbei dient die laterale Wurzeloberfläche des seitlichen Schneidezahnes der Eckzahnkrone als Leitschiene [65].

Eine genaue Beschreibung des kurvenförmigen Durchbruchsweges des oberen Eckzahnes basiert auf einer Untersuchung von *Dausch-Neumann*, in der 90 Kinder einbezogen wurden. Bei der Untersuchung handelt es sich um eine vergleichende Studie zur Erfassung des Durchbruchsweges mittels Orthopantomogramm zwischen drei verschiedenen Altersgruppen. Für die oberen Eckzähne stellten die Autoren fest, dass „der Eckzahn demzufolge einen Durchbruchsweg zurücklegt, der aus einer Schrägstellung beim 6- bis 8jährigen Kind unter Aufrichtung in den Zahnbogen führt.“ Zur Analyse der Orthopantomogramme wurde die Verbindung der distobukkalen Höckerspitzen der oberen Molaren und die aus der Achsenrichtung der oberen

Eckzähne resultierende Tangente herangezogen. Anschließend wurde der proximale Winkel zwischen der Achse des rechten und linken oberen Eckzahnes und der Molarenverbindungsline gemessen.



**Abb. 1**

Dausch-Neumann-Winkel:

eine Gerade durch die distobukkalen Höckerspitzen der ersten Molaren bildet mit den Eckzahnachsen einen Winkel [9].

Diese Winkel wurden bei drei Altersgruppen gemessen. Für die erste Altersgruppe mit ungefähr 6 – 8 Jahren ergab sich für den rechten oberen Eckzahn ein Winkel, der mittelwertig 74,5 Grad betrug und für den linken oberen Eckzahn einen von 72,4 Grad.

Kinder mit etwa 9 bis 11 Jahren aus der zweiten Altersgruppe wiesen rechts durchschnittlich einen Winkel von 78,6 Grad auf, links war hingegen ein Winkel von durchschnittlich 76,6 Grad zu messen.

Die dritte Altersgruppe war durch Kinder von 12 bis 14 Jahren definiert.

Hier ergab sich für den rechten als auch den linken oberen Eckzahn ein Winkel von durchschnittlich 87,5 Grad, wobei keine signifikanten Unterschiede diesbezüglich zwischen der rechten und der linken Seite erfasst werden konnten [9].

Kommt es zur regulären Eruption, bricht der obere Caninus letztlich bei Mädchen mit durchschnittlich 10,98 Jahren und bei Jungen mit 11,69 Jahren durch [29].

## **2.2 Prävalenz der Eckzahnverlagerung**

Der bleibende obere Eckzahn ist nach den Weisheitszähnen der häufigste verlagerte Zahn [19] [28] [45] [60] [67] [73].

Hierbei wird zwischen der palatinalen und der bukkalen Verlagerung differenziert, wobei die bukkale die seltenere Form der Retention ist.

Die Prävalenz der Verlagerung und des ektopischen Durchbruchs dieses Zahnes liegt zwischen 0,9% und 2,0% [12].

Andere Autoren [60] fanden für retinierte Eckzähne eine etwas höhere Prävalenz von 1,0% bis 3,0% vor, wobei die palatinale etwa zwei- bis dreimal häufiger auftrat im Vergleich zur bukkalen Verlagerung. In der Untersuchung von *Ericson und Kuroi* war die palatinale Verlagerung zu 85 % und die bukkale hingegen nur zu 15% anzutreffen [12].

Eine weitere Untersuchung konnte besonders bei Platzmangel eine vestibuläre Verlagerung beobachten, der häufig ein labial ektopischer Durchbruch des oberen Eckzahn folgte, während retinierte Eckzähne meist palatinal oder zentral zu finden waren [60]. Oft lag bei der palatinalen Verlagerung ein Platzüberschuss bedingt durch verkleinerte oder nicht angelegte seitliche Schneidezähne vor [66].

Anhand einer Metaanalyse von neun Studien bezüglich palatinal verlagerten Eckzähne [4] [15] [22] [53] [55] [57] [61] [62] [73] konnten *Peck et al.* [60] ein bilaterales Vorkommen mit einem Prozentsatz von 17% bis 45% feststellen. Die Verteilung zwischen Mann und Frau für die palatinale Eckzahnverlagerung lag dabei bei 1:1,3 bis 1:3,2, wobei Frauen signifikant häufiger betroffen waren.

Es konnten auch Unterschiede in der Prävalenz zwischen Menschen europäischer, asiatischer und afro-amerikanischer Abstammung in dieser Untersuchung festgehalten werden, wobei nur wenige Studienergebnisse zu verlagerten Eckzähnen bei der asiatischen und der afrikanischen Bevölkerung vorliegen.

*Kramer und Williams* [43] konnten mit einer Prävalenz von 1,2% bei Afro-Amerikanern ein deutlich niedrigeres Vorkommen der Eckzahnverlagerung ausmachen als bei Kaukasiern. Hierbei wurden jedoch die vestibuläre und die palatinale Verlagerung mit einbezogen.

Eine Studie von *Oliver, Mannion und Robinson* [56] fand heraus, dass nicht nur die palatinale, sondern auch die bukkale Eckzahnverlagerung bei Asiaten häufiger anzutreffen ist. Ein Verhältnis von 5:1 konnte aufgezeigt werden [60].

## 2.3 Ätiologie

Zahlreiche Autoren sind der Klärung der ätiologischen Faktoren der Eckzahnretention nachgegangen.

*Kloeppe* postulierte es wie folgt: „Im Verlaufe des verwickelten Durchbruchsweges kann der Eckzahn aus einer mehr oder weniger regelrechten Lage in der Krypte einen falschen Weg einschlagen und so gewissermaßen im Knochen stecken bleiben“ [40].

Einstimmig sahen mehrere Autoren [21] [27] [39] [46] [58] [71] mögliche Retentionsursachen in der späten Durchbruchzeit, dem langen Eruptionsweg, der primären Keimverlagerung, in den Formanomalien oder der Aplasie des lateralen Schneidezahnes, der Entstehung von Zysten, dem Platzmangel, der Persistenz von Milcheckzähnen sowie in der Ankylose des Caninus.

Doch gerade der Platzmangel, die offensichtlichste Ursache einer Verlagerung, scheint nach *Jacoby* [37] nicht ätiologisch anzuführen zu sein.

Die Erklärung dieser Aussage basiert auf der Lage des Eckzahnkeimes. Der Keim befindet sich anfänglich zwischen Nasenboden, Orbitaboden und der vorderen Wand des Sinus maxillaris. Die Zahnkeime der seitlichen Schneidezähne sowie der ersten Prämolaren befinden sich zudem hinter der palatinalen Zahnoberfläche des Eckzahnes. Somit kann ein Platzmangel in der Maxilla keine palatinale Verlagerung bedingen, sondern nur ein Platzüberschuss. Als mögliche Gründe für die Entstehung dieses Platzes nennt er die Größenzunahme des Oberkieferknochens, die Aplasie oder Hypoplasie der seitlichen Schneidezähne sowie die stimulierte Eruption der seitlichen Inzisiven oder der ersten Prämolaren.

Darauf aufbauend kamen *Stellzig et al.* [65] in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass in 80 % der Fälle mit palatinaler Eckzahnretention kein Platzmangel bestand, während dieser bei etwa 50% der Patienten mit vestibulärer Verlagerung bestand. Ebenso konnten sie zeigen, dass 80% der Patienten mit palatinaler Verlagerung einen horizontalen Gesichtsschädelaufbau aufweisen, dagegen nur 23% der Fälle mit vestibulärer Verlagerung. Des Weiteren zeigten 41% der Patienten mit vestibulärer Verlagerung einen vertikalen Gesichtsschädelaufbau, der nur bei 8% der Patienten mit palatinaler Verlagerung vorlag.

In der heutigen Literatur herrscht darüber Einigkeit, dass der Platzmangel als Hauptursache für die vestibuläre Verlagerung des Caninus zu werten ist.

Bezüglich der palatinalen Verlagerung lassen sich nach *Becker* [2] und *Leifert et al.* [45] zwei ätiologische Theorien herausarbeiten.

### **2.3.1 Guidance-Theorie**

Die Guidance-Theorie macht das Fehlen oder eine Formveränderung der seitlichen oberen Schneidezähne für die Retention des Caninus verantwortlich.

Diese Formveränderungen stellen sich häufig als zapfenförmige seitliche Schneidezähne dar, die häufig eine verkürzte Wurzel aufweisen. Hinzu kommt, dass deren Kronen- und Wurzelentwicklung später einsetzt als gewöhnlich [23], womit der Eckzahnkronen die Wurzel des Lateralen als Leitstruktur zur regulären Eruption fehlt [1] [4] [7] [59] [65].

Die Autorengruppe um *Becker* [2] sieht in der Führungstheorie drei Stadien.

Das erste Stadium beschreibt analog zu *Broadbent* [8] den regulären Durchbruch des Eckzahns entlang der Wurzel des seitlichen Schneidezahns nach mesial, palatinal und okklusal. Der Zahn ist von Anfang an palpierbar.

Im zweiten Stadium kommt es durch Hypoplasie oder Aplasie des seitlichen Schneidezahns zu einem Führungsverlust und somit zur Änderung des Durchbruchsweges nach palatinal, der einzig möglichen verbleibenden Richtung. Dies basiert auf der fehlenden Führungsfunktion des Lateralen bedingt durch eine häufig verspätete Entwicklung des formveränderten seitlichen Inzisivus. Letzteres konnte von *Garn et al.* bestätigt werden. Diese Autoren konnten bereits 1963 feststellen, dass bei Zähnen mit geringer mesiodistaler Dimension, also Zapfenzähnen oder hypoplastischen Zähnen, gewöhnlich die Entwicklung später einsetzt als normal [23]. So sehen auch weitere Autoren darin einen Grund für die horizontale palatinale Impaktion der Eckzähne.

Zudem bietet erst der Platzüberschuß bei Nichtanlage oder Hypoplasie der seitlichen Schneidezähne dem Caninus die Möglichkeit der palatinalen Verlagerung, wie auch schon *Stellzig* [65] und *Jacoby* [37] in ihren Studien erkannten.

Stadium drei kennzeichnet sich bei Nichtanlage des seitlichen Schneidezahnes durch ein korrekatives Aufrichten aus, welches die Eruption noch ermöglichen kann.



Demgegenüber ist dies bei hypoplastischen Lateralen nicht möglich, da die nun vollends entwickelten Wurzeln ein Aufrichten verhindern.

Allerdings ist ein spontaner Durchbruch des verlagerten Eckzahnes durch Extraktion des Milcheckzahns noch in Betracht zu ziehen [2].

Es ist anzufügen, dass bei dieser Theorie die Vererbung nicht unberücksichtigt bleiben darf, da erst die genetisch bedingten Formveränderungen oder Nichtanlagen der seitlichen Schneidezähne dem Eckzahn die Möglichkeit geben, einen veränderten palatinalen Weg ohne Mesialwanderung einzuschlagen, der letztendlich in die Retention führt.

### **2.3.2 Vererbungstheorie**

Die Vererbungstheorie geht davon aus, dass die Eckzahnverlagerung häufig in Verbindung mit genetisch bedingten Anomalien zu beobachten ist, wie der Verlagerung oder Nichtanlage anderer Zähne, insbesondere der Hypoplasie oder Aplasie der oberen Lateralen. Auch *Peck et al.* [59] beziehen die Eckzahnverlagerung in einen Komplex genetisch bedingter Anomalien ein, dem eine Störung der Zahnleiste und somit der Zahnentwicklung zugrunde liegt. Diese Theorie unterstützend lassen sich die häufige bilaterale Retention [59], deutliche Unterschiede in verschiedenen Populationen [37], gehäuftes intrafamiliäres Vorkommen von Aplasien und Hypoplasien, Deckbiss sowie signifikante Geschlechtsunterschiede [69] anführen.

Die Vertreter der Guidance-Theorie gehen zwar davon aus, dass für das gehäufte intrafamiliäre Vorkommen von palatinalen Verlagerungen und zapfenförmigen oder fehlenden seitlichen Schneidezähnen die Vererbung als ätiologische Ursache betrachtet werden kann, jedoch können die Zapfenzähne durch ihre in der Länge reduzierten Wurzeln oder eine Aplasie des Lateralen erst die Verlagerung bedingen. So scheinen Retention und Form genetisch angelegt zu sein und treten gehäuft zusammen in Erscheinung [6] [60].

Die Kombination dieser zwei aufgeführten Theorien scheint sich als Erklärungsansatz bewährt zu haben.

## **2.4 Diagnose**

### **2.4.1 Klinischer Befund**

Der obere Eckzahn bricht regulär zwischen dem zehnten und zwölften Lebensjahr durch. Bei fehlender Eruption kann ein noch lückiges Frontzahnsegment bestehen bleiben, welches Aufschluss über eine mögliche Verlagerung geben kann.

Dieses schließt der regulär durchbrechende Eckzahn bis zum zwölften Lebensjahr [2] und korrigiert das sogenannte „Ugly-duckling“-Stadium.

Hinweis auf eine palatinale Verlagerung kann ebenso die Lage der Vorwölbung des eruptierenden Zahnes als auch die Position des seitlichen Schneidezahns geben. Drückt die Eckzahnkrone von palatinal auf die Wurzel des Lateralen, bewegt sich diese nach labial, wohingegen die Schneidezahnkrone nach palatinal gekippt wird [34].

Vor dem zehnten Lebensjahr sollten familiäre Zahnverlagerungen und Retentionen ebenso wie Auffälligkeiten beim Patienten selbst in Form von zapfenförmigen oder nicht angelegten Schneidezähnen, weiteren Nichtanlagen oder verspätetem Zahndurchbruch Anlass sein, Folgeuntersuchungen im Hinblick auf eine Eckzahnverlagerung vorzunehmen.

Nach dem zehnten Lebensjahr stellen Asymmetrien in der Palpation oder große Unterschiede hinsichtlich der Eruption des linken und rechten Eckzahnes die Indikation zu weiteren röntgenologischen Untersuchungen dar.

Des Weiteren sind keine Palpierbarkeit der Eckzähne bei fortgeschrittener okklusaler Entwicklung als auch eine Proklination der seitlichen Schneidezähne bei gleichzeitiger Distalkippung ein deutliches Anzeichen für eine Eckzahnverlagerung und geben Anlass zu weiteren Untersuchungen [36].

### **2.4.2 Palpation**

Bei regulärer Lokalisation und Entwicklung ist der Caninus etwa zwei bis drei Jahre vor seiner Eruption über dem Milcheckzahn, bis in das Vestibulum reichend, aufzufinden. Zeigt sich nicht wie gewöhnlich eine Konvexität in der Umschlagfalte, sondern eine Konkavität, ist auf der palatinalen Seite des Alveolafortsatzes nach der entsprechenden Vorwölbung durch den Eckzahn zu suchen. Bei ausgeprägter Verlagerung ist der Eckzahn auf keiner Seite tastbar [2].

Ein weiterer Schritt in der Palpation ist das Untersuchen des Lockerungsgrades des Milcheckzahnes. Weist er eine fortgeschrittene Mobilität auf, ist davon auszugehen, dass der durchbrechende Eckzahn bereits einen Teil der Milchzahnwurzel resorbiert hat. Allerdings garantiert dies nicht die reguläre Eruption des Caninus [34].

### **2.4.3 Röntgenologische Diagnostik**

Folgende Techniken und Methoden zur Darstellung und Beurteilung des verlagerten Zahnes beinhalten zwei Ziele [31] [64]:

Zuerst kommt der Lokalisation hinsichtlich der Behandlungsplanung des verlagerten Eckzahnes eine tragende Rolle zu [2].

Um sich bezüglich einer möglichen Retention der oberen Eckzähne während ihrer Entwicklung orientieren zu können, gibt *Williams* [72] als besten Zeitpunkt das dentale Alter von acht Jahren an, um mit den Beobachtungen der intra-alveolären Bewegung des Caninus zu beginnen. Dieses Alter ist erreicht, wenn die Wurzeln der unteren zentralen Schneidezähne fast vollständig ausgebildet sind [2].

Entsprechend der Untersuchung von *Williams* liegt die Eckzahnkrone im Fernröntgenseitenbild zwischen dem achten und neunten Jahr dentalen Alters im Regelfall nahe beim Apex des Milcheckzahnes. Der Zahn weist eine mesiale Inklination auf und ist in seiner Zahnachse fast parallel zu der des seitlichen Schneidezahns.

Im Orthopantomogramm sollte sich die Eckzahnkrone, leicht nach mesial geneigt, unterhalb der Apices der Lateralen und unterhalb der Nasenhöhle befinden, die Wurzel des Eckzahns allerdings lateral der Nasenhöhle [72].

Des Weiteren ist es von Interesse, qualitative Aussagen über die regulären oder irregulären Verhältnisse des verlagerten Zahnes und der Nachbarzähne zu erhalten. So lassen sich pathologische Befunde wie Wurzelresorptionen, Zysten und Veränderungen der Follikelform und -größe darstellen.

### **2.4.3.1 Differenzierte röntgenologische Methoden**

#### **2.4.3.1.1 Periapikale Zahnfilme**

Die periapikale Röntgenaufnahme ist bei Verdacht auf Verlagerung gewöhnlich die erste Aufnahme, die erfolgt, da sie am einfachsten und informativsten ist. Dabei trifft der Zentralstrahl auf eine Ebene, die den Winkel zwischen Filmebene und Zahn halbiert. Die Verzerrungen sind dadurch sehr gering und man erhält eine sehr hohe Qualität der Darstellung.

Pathologische Prozesse und Veränderungen, im Speziellen Follikelvergrößerungen oder Resorptionen an benachbarten Zähnen, lassen sich erkennen, ebenso wie Hyperdontien oder Odontome. Degenerative Weichgewebsveränderungen wie Zysten stellen sich ebenso dar.

Natürlich erhält man nur zweidimensionale Aussagen und keine Informationen über die bucco-linguale Ebene [2].

#### **2.4.3.1.2 Aufbissaufnahmen**

Bei diesem Verfahren sind zwei Techniken zu differenzieren.

Bei der Oberkieferaufbissaufnahme des anterioren Segments wird durch den störenden Einfluss der Nase und der Stirn bei dem Einstellen des Tubus tendentiell

eher eine hohe oder steile periapikale Aufnahme angefertigt. Die Oberkieferfrontzähne zeigen sich in ihrer Länge deutlich verkürzt.

Davon zu unterscheiden ist die Senkrechtaufnahme.

Bei dieser Aufnahmetechnik wird der Zentralstrahl parallel zu den Zahnachsen der mittleren Schneidezähne geführt. Der Strahl geht hierbei durch die Schädelkalotte und die Maxilla. Um den Detailverlust auszugleichen, wird ein sehr empfindlicher Film inklusive Verstärkerfolie verwendet.

Die resultierende Aufnahme bildet die Oberkieferzähne kreisförmig mit zentralem Pulpenkanal ab, während ein horizontal verlagertes Zahn sowohl in seiner Länge als auch in seiner bucco-palatinalen und mesio-distalen Lage dargestellt wird.

Letztlich sind die Unterschiede in der Abbildung zwischen diesen zwei Techniken eher gering [2].

### 2.4.3.1.3 Orthopantomogramm (OPG)

Dieses extraorale Aufnahmeverfahren dient als Anfangsaufnahme und Basis für weitere radiologische Diagnostiken, da schnell und einfach alle Zähne, die Kiefergelenke, Maxilla und Mandibula dargestellt werden. Dies geschieht allerdings auf Kosten der Detailtreue. Verzerrungen und Überlagerungen können die Aussagekraft einschränken.

Ein verlagertes Zahn ist in seiner mesio-distalen Ausrichtung zwar zu beurteilen, allerdings lässt sich keine genaue Erkenntnis bezüglich seiner bucco-palatinalen Position gewinnen [2].

Es lässt sich aber festhalten, dass sich palatinal verlagerte Objekte in der horizontalen Ebene vergrößert darstellen, während bukkal lokalisierte Objekte in der Panoramaschichtaufnahme proportional verkleinert erscheinen [44]. Andere Autoren [24] sehen den Grund der Verkleinerung der Zahnlänge bei einer bukkalen Verlagerung im Orthopantomogramm in der Inklination des Zahnes in sagittaler Richtung. Der Einfluss der sagittalen Inklination auf die Zahnlänge wird umso größer, je aufgerichteter der Zahn in der Frontalebene steht.

Diese dreidimensionale Lokalisierungsmethode weist allerdings große Ungenauigkeiten auf und gilt als überholt.

#### 2.4.3.1.4 Fernröntgenseitenbild (FRS)

Diese Aufnahme gehört zu den Standardaufnahmen der kieferorthopädischen Behandlung. Aussagen über die bucco-linguale Position des impaktierten Eckzahn lassen sich nicht treffen. Besonders bei bilateraler Retention der Canini erschweren auch die gegenseitigen Überlagerungen häufig Aussagen über Durchbruchrichtung und Angulation der verlagerten Zähne [2].

### **2.4.3.2 Diagnose der dreidimensionalen Zahnposition**

#### 2.4.3.2.1 Parallaxentechnik

Eine Differenzierungsmöglichkeit zwischen palatinaler und bukkaler Verlagerung bietet die Parallaxentechnik [2] [31] [34].

Dabei werden zwei Röntgenaufnahmen des gleichen Objekts aus leicht divergenten Winkeln angefertigt. Hierfür bieten sich folgende Methoden an:

##### *2.4.3.2.1.1 Horizontal Tube Shift*

Die erste Aufnahme gleicht einer regulär durchgeführten periapikalen Aufnahme an jener Stelle im Zahnbogen, wo der verlagerte Zahn vermutet wird.

In derselben Position wird der zweite Film platziert, der Tubus wird jedoch in einem Winkel von 30 – 40 Grad nach mesial oder distal geschwenkt.

Das Referenzobjekt ist auf beiden Bildern die Wurzel des benachbarten Schneidezahns.

Beim Vergleich der beiden Aufnahmen lässt sich erkennen, dass der palatinal verlagerte Zahn, also der vom Tubus entfernteste, im Vergleich zur Wurzel des Lateralen in Richtung des geschwenkten Tubus mitgewandert ist.

Vorstellbar wird dies anhand der Prinzipien des binokulären Sehens.

Zwei senkrecht hintereinander hochgestreckte Finger werden mit dem rechten Auge betrachtet. Nur der vordere Finger ist sichtbar. Wird das linke Auge nun geöffnet und das rechte geschlossen, scheint der hintere Finger nach links gewandert zu sein und ist partiell zu erkennen [32] [33] [34].

Dementsprechend wandert der bukkal verlagerte Zahn beim Betrachten zweier solcher angefertigter Röntgenaufnahmen entgegen der Laufrichtung des Tubus.

Ist dagegen keine oder nur eine geringe Verschiebung des Bildes des verlagerten Zahnes bei großer Schwenkung des Tubus zu erkennen, liegt der verlagerte Zahn über der Zahnreihe oder dicht daneben.

Häufig ist die Eckzahnkrone nur teils oder die Wurzel des Lateralen gar nicht auf periapikalen Aufnahmen abgebildet. In dem Fall lassen sich ebenso zwei Aufbissaufnahmen aus leicht horizontal divergenten Winkeln anfertigen. Die Strahlendosis ist mit der zweier periapikaler Bilder vergleichbar.

### *2.4.3.2.1.2 Vertikal Tube Shift*

Da OPG's häufig den initialen Ausgangsbefund darstellen, lässt sich in der Kombination mit einer Aufbissaufnahme zusätzliche Strahlenbelastung durch eine dritte Aufnahme vermeiden [35] [38].

Die Angulation des OPG Tubus wird auf 7° vor dem Kopf des Patienten eingestellt, die Aufbissaufnahme erfolgt aus einem Winkel von 60° - 65° zur Kauebene.

Im Vergleich der zwei Aufnahmen bewegt sich nun der palatinal verlagerte Zahn in die gleiche Richtung wie der Tubus. Kommt es nur zu einer geringen oder gar keiner Verschiebung des Zahnes, so befindet er sich innerhalb der Zahnreihe oder nahe daneben. Wandert er entgegen der Tubusrichtung, so ist eine bukkale Position anzunehmen [34].

Allerdings ist diese Methode schwieriger zu interpretieren als den horizontal tube shift, da sich hier weniger Referenzpunkte finden lassen, anhand derer die „Laufrichtung“ des verlagerten Zahnes ausgemacht werden kann.

#### 2.4.3.2.2 *Rechtwinklige Röntgenaufnahmen*

Durch Kombination zweier zueinander rechtwinkligen Röntgenaufnahmen ist eine eindeutige dreidimensionale Lagebestimmung des verlagerten Zahnes möglich [2]. Eine strikte Einhaltung der Raumebenen ist ebenso unabdingbar wie die Standardisierung der Einstellungen.

Folgenden drei Aufnahmetechniken bieten sich an:

Im Fernröntgenseitenbild lässt sich die vertikale und die anterior-posteriore Position des Eckzahnes aufzeigen, wobei sich keine Aussagen über die Transversalebene treffen lassen.

Die Aubissaufnahme hingegen zeigt den Zahn in der anterioren und transversalen Ebene, nicht aber in der vertikalen.

Als dritte Möglichkeit bietet sich die posterior-anteriore Aufnahme an, welche die Lokalisation des Zahnes in der vertikalen und transversalen Ebene ermöglicht.

Über zwei dieser drei Aufnahmen erhält man detaillierte Aussagen über die Höhe, die mesio-distale und bucco-linguale Position der Zahnkrone, die Wurzel, die Angulation des ganzen Zahnes als auch den Bezug zu den benachbarten Zähnen [2].

Wie bereits erwähnt, birgt das Fernröntgenseitenbild bei bilateraler Verlagerung die Gefahr der Überlagerung dieser Zähne, wodurch häufig eine Differenzierung unmöglich wird.

Diese dreidimensionale Lokalisation des verlagerten Zahnes ermöglicht eine exakte Planung der Therapie und Einordnung des verlagerten Zahnes.

Zum Ausschluss pathologischer Veränderungen am eigentlichen Zahn und den Nachbarzähnen empfiehlt es sich auf Grund der hohen Detailtreue, nicht auf einen periapikalen Zahnfilm zu verzichten.



### **2.4.3.3 Computertomographie**

Seit einigen Jahren wird zur genauen Lokalisation palatinal verlagelter Eckzähne und bei einhergehendem Verdacht auf Wurzelresorptionen am benachbarten Schneidezahn die Computertomographie empfohlen [2] [14].

Durch genaue röntgenologische Schichtaufnahmen des Oberkiefers lässt sich die dreimensionale Lage des Zahnes hervorragend erkennen, ebenso wie die Beziehung zu Nachbarstrukturen, die Angulation des Zahnes oder pathologische Prozesse.

Besonders die palatinalen und bukkalen Resorptionen der benachbarten Wurzeln können frühzeitig erkannt werden, welche mit anderen Diagnostiken kaum zu erfassen sind. Die Zahl der Zähne mit Resorptionen verdoppelte sich sogar bei CT-Untersuchungen im Vergleich zu intraoralen Aufnahmen oder Panoramaschichtaufnahmen allein [19].

Die hohe Röntgendosis legitimiert den Einsatz allerdings nur im Einzelfall.

Hierzu zählen mehrfach impaktierte Zähne und congenital faziale Anomalien, z.B. Dysostosis cleidocranialis, für deren chirurgische Therapie und die weitere Behandlungsplanung die Schichtaufnahmen nötig sind.

Indiziert ist das CT auch in den Fällen, in denen der radiologische Befund keine definitive Aussage über die anatomische Beziehung zwischen impaktiertem Zahn und Nachbarzahnwurzel zulässt [34] und eine eventuelle Resorption einer Nachbarzahnwurzel ausgeschlossen werden soll.

## **2.5 Komplikationen der palatinalen Eckzahnverlagerung**

### ***2.5.1 Resorption der benachbarten seitlichen Schneidezähnen***

Ein Problem der palatinalen Eckzahnverlagerung und der damit verhinderten Eruption, stellt in Folge dessen die Resorption der Wurzel des benachbarten Schneidezahns dar.

Um herauszufinden, welche Art der Verlagerung letztlich Resorptionen an den Schneidezahnwurzeln verursacht, verglichen *Ericson und Kurol* zwei Untersuchungsgruppen [12]. Dazu verwendeten sie die zur Lokalisation des verlagerten Eckzahns benötigten Winkel, Strecken und Sektoren.

Die erste Gruppe bestand aus 40 seitlichen Schneidezähnen mit Resorptionen, verursacht durch ektopischen Durchbruch des Eckzahns. Die Kontrollgruppe setzte sich aus 118 Fällen mit ektopischer Eruption ohne Resorption des seitlichen Schneidezahns zusammen.

Die Resorptionsgruppe zeigte einen fortgeschrittenen dentalen Entwicklungszustand, eine in der Zahnreihe weiter mesial gelegene Eckzahnposition und eine Durchbruchrichtung, die mehr mesial und horizontal ausgerichtet war.

Im Rahmen der Studie fanden sie heraus, dass die Resorptionen der seitlichen, aber auch der mittleren Schneidezähne hauptsächlich bukkal und palatinal im mittleren Wurzeldrittel lokalisiert sind, wobei die distale peridontale Kontur erhalten bleibt.

Es zeigte sich auch, dass bukkal eruptierende Eckzähne nicht häufiger Resorptionen verursachen als palatinal verlagerte [20].

Es ist anzunehmen, dass die Läsionen in den periapikalen Röntgenaufnahmen häufig durch Überlagerungen des Eckzahns verborgen blieben.

In einer weiteren Studie [19] konnte die gleiche Autorengruppe mittels Computertomographie feststellen, dass in 12% der Fälle mit ektopischer Eruption eine Resorption des seitlichen Schneidezahns stattgefunden hatte, während diese auf intraoralen Röntgenaufnahmen durch Eckzahnüberlagerungen nicht als solche interpretierbar waren. Sie nahmen somit eine totale Prävalenz von 0,7% für resorbierte seitliche Schneidezähne in der Altersgruppe der 10 bis 13-jährigen an. Resorptionen vor dem 10. Lebensjahr wurden nicht gefunden [16].

Zur Erfassung von Wurzelresorptionen erwies sich somit die Computertomographie als die effektivste Methode, wobei insbesondere die Bestimmung deren Ausmaßes und die Verhinderung dieser durch rechtzeitige Intervention im Vordergrund stehen. Eine 50%-ige Steigerung in der Erkennung von Resorptionen als mit gewöhnlichen Röntgenaufnahmen konnte festgestellt werden.

Während der Eruption des oberen Eckzahns besteht ein sehr enger räumlicher Kontakt zu dem seitlichen Schneidezahn und häufig fehlt die Lamina dura, wie sich schon in früheren röntgenologischen Untersuchungen zeigte [19] [18].

*Ericson und Kurol* gehen davon aus, dass ein enger Kontakt zwischen Eckzahn und Schneidezahn bestehen muss, welcher für die Resorptionen verantwortlich ist.

Der Resorption infolge einer Zunahme der Breite des dentalen Follikels messen sie weniger Bedeutung bei, da die Größenzunahme des Follikels im Eruptionsstadium regulär auf physiologischen Prozessen basiert, ausgelöst durch Hormone und andere Wachstumsfaktoren [13].

Letztlich ist aber nicht klar, welche Faktoren als ursächlich für die Resorption des Schneidezahns betrachtet werden können und in welcher Position ein ektopisch durchbrechender oder verlagertes Eckzahn sein muss, um einen benachbarten Schneidezahn resorbieren zu können.

Nachdem aber die Resorptionen bei relativ jungen Patienten zu beobachten waren, bei denen 10% der betroffenen Eckzahnkronen nicht länger als deren Wurzel waren, zeigt dies, dass die Resorption sowohl ein Effekt der Impaktion oder Retention als auch der dynamischen Eruption durch physikalischen Druck sein muss [16].

*Ericson und Kurol* konnten entgegen der Meinung anderer Autoren keine weiteren prädispositionierenden Faktoren für Wurzelresorptionen während des Eckzahndurchbruchs wie Anomalien in der Wurzellänge [5] oder Größenzunahme des Eckzahnfollikels feststellen [30].

### **2.5.2 Follikelvergrößerung**

Der Follikel ist eine den durchbrechenden Zahn umgebende locker verbundene Gewebsschicht, in und um welchen zelluläre Veränderungen während der Eruption auftreten [13] [49] [52]. Nach der Resorption des Alveolarknochens und des Milchzahns, die durch den Zahnfollikel ausgelöst wird, wird ein Durchbruchsweg für den bleibenden Zahn vorgegeben [50] [51] [52] [65].

Währenddessen wird zwischenzeitlich die alveoläre Barriere zum benachbarten Schneidezahn resorbiert [16] [17], wobei die natürliche Schutzschicht aus Zementoblasten und Kollagenfasern verloren geht und die freie Wurzeloberfläche den Dentinoklasten zugänglich wird [17] [41].

Variationen in der Follikelgröße können durch zelluläre Veränderungen entstehen, ausgelöst durch Hormone oder andere Wachstumsfaktoren [51] [52].

*Ericson und Kuroi* versuchten in einer computertomographisch gestützten Studie den Einfluss des Eckzahnfollikels bei 156 ektopisch und 58 regulär durchbrechenden Eckzähnen zu klären [13].

Dabei ergab sich eine hohe Variationsbreite an Form und Größe der Eckzahnfollikel. Das Spektrum des größten Follikeldurchmessers, gemessen von der Zahnkrone zur Peripherie des Follikels, ergab 0,5 – 7,0 mm, mit einem Durchschnitt von 2,9 mm und einem 95% Vertrauensintervall von 2,7 – 3,2 mm.

Allerdings waren die Follikel der verlagerten Canini im Durchschnitt größer und auch asymmetrischer als die der regulär durchbrechenden Eckzähne.

Das 95% Vertrauensintervall betrug bei den regulär eruptierenden Eckzähnen 2,3 – 2,7 mm, bei den bukkal durchbrechenden 2,4 – 4,1 mm. Die lingual durchbrechenden Eckzähne erreichten 2,6 – 3,0 mm, die apikal durchbrechenden 2,9 – 4,1 mm. In den Fällen, bei denen die Follikelgröße das Zwei- bis Dreifache des Regulären erreichte, wurden die Follikel mit Verdacht auf zystische Prozesse histologisch untersucht. Aus Untersuchungen und der Literatur sind zystische oder degenerative Veränderungen bei Follikeln während des Durchbruchs bekannt.

Dies bestätigte sich in der Untersuchung von *Ericson und Kuroi* [13] bei vier Follikeln in Form von Mikrozysten und zystischen Degenerationen. Es fanden sich kleine Reste von myxomatösen Zellen. Lediglich Fragmente von reduziertem Schmelzepithel und einige Polymorphkernige Neutrophile waren vorzufinden.

Folgen oder Symptome eines zystischen Prozesses, wie das Verdrängen eines Nachbarzahnes, waren nicht feststellbar.

Erschwerend kommt hinzu, dass Differenzierungsmöglichkeiten zwischen physiologisch-vergrößertem und zystisch-verändertem Follikel während des Durchbruchs sowohl in intraoralen Röntgenaufnahmen als auch in CT-Bildern kaum gegeben sind.

Bei regulär durchbrechenden Eckzähnen löst sich das Problem bei Erreichen der Gingivaoberfläche von alleine, da der Follikel dabei zerstört wird. Verlagerte Canini sollten bei Verdacht weiter beobachtet werden.

Die Häufigkeit einer zystischen Veränderung bei nicht durchgebrochenen Zähnen schätzten *Mourshed* [54] und *Toller* [70] auf 150:1.

*Ericson und Kurol* [13] erkannten, dass sowohl Breite als auch Form des Follikels hinsichtlich der Lokalisation des Eckzahns im Kiefer variierten. Es fiel auf, dass die apikal und bukkal verlagerten Eckzähne deutlich größere Follikel aufwiesen als die palatinal oder normal durchbrechenden Eckzähne. Daraus lässt sich erkennen, dass ein Zusammenhang zwischen der Follikelgröße und den benachbarten Strukturen besteht. Harte Gewebe wie eine dicke Kortikalis oder die Wurzeln benachbarter Zähne scheinen die symmetrische Entwicklung des Follikels zu verhindern. Eine dünne Kortikalis oder Spongiosa lässt dies hingegen zu.

Es zeigte sich, dass bei spongiosen und weitleumigen Knochen die Follikel eine sphärische Form entwickeln, während Follikel mit wenig Platz zur Expansion zu irregulären Formen neigen.

Hinsichtlich Form und Größe des Follikels konnte kein Zusammenhang mit Geschlecht, Alter oder Durchbruchslevel des Eckzahns festgestellt werden.

Die Autorengruppe um *Becker* [2] geht davon aus, dass ein Vitalitätsverlust des Milcheckzahns durch Karies in der periapikalen Region entzündliche Prozesse verursachen kann, welche letztlich eine Vergrößerung des Zahnsäckchens auslösen. Diese Veränderungen und Größenzunahme des Follikels können auch unabhängig von der Pathologie des Milcheckzahns entstehen. Radiologisch sollte ab einer Vergrößerung des Follikels von über zwei bis drei Millimeter dieser als zystische Veränderung angesehen werden.

Dass diese degenerativen Prozesse mögliche Resorptionen an den benachbarten Inzisivi bedingen können, wird allerdings von dieser Autorengruppe nicht befürwortet.

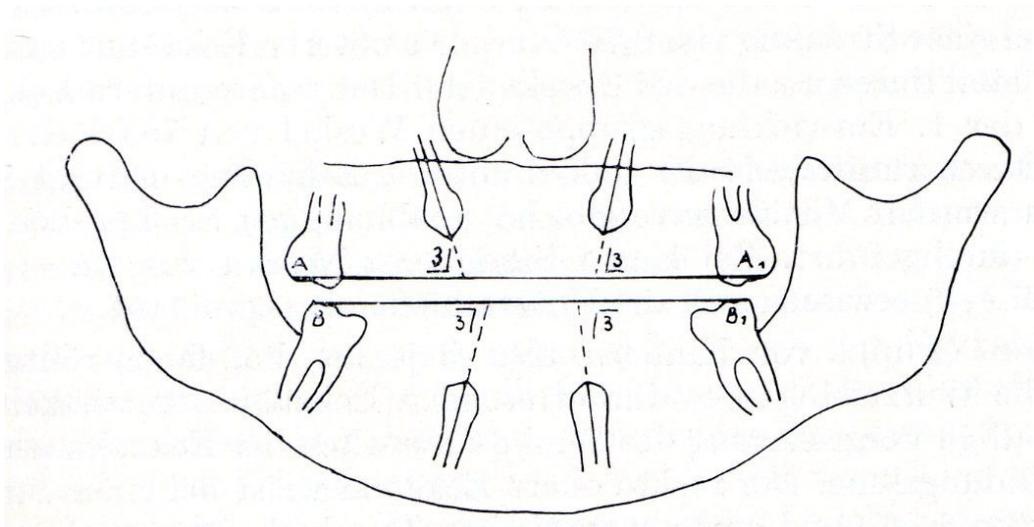
## 2.6 Lagebestimmung des verlagerten Eckzahnes

### 2.6.1 Winkel, Strecken und Sektoren im Orthopantomogramm

Wie bereits in der Literaturübersicht schon geschildert, dokumentierte bereits 1970 eine Studie anhand von 90 Orthopantomogrammen den Durchbruchweg bleibender Eckzähne [9]. Zur Auswertung wurden auf dem Orthopantomogramm die distobukkalen Höckerspitzen der oberen Molaren verbunden, die Eckzahnachsen eingezeichnet und die proximalen Winkel zwischen den Canini und der Molarenverbindungsline gemessen.

#### 2.6.1.1 Eckzahnwinkel nach Dausch-Neumann

Basierend auf diesen Untersuchungen gelten Eckzähne definitionsgemäß als verlagert, wenn auf Orthopantomogrammen der proximale Winkel zwischen der Molarenverbindungsline und der Eckzahnachse weniger als  $65^\circ$  („**Eckzahnwinkel**“) beträgt [9] [45].

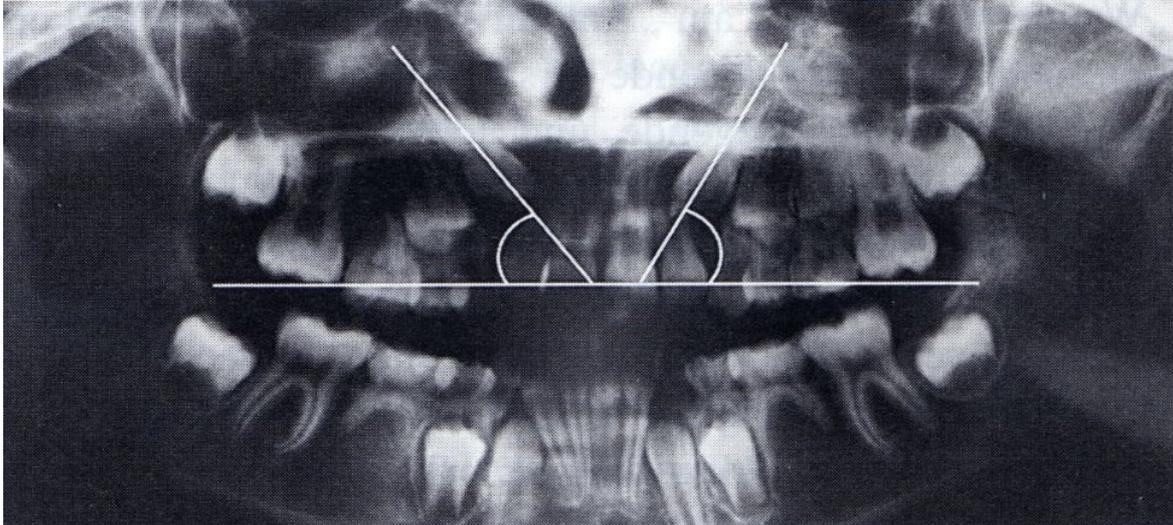


**Abb. 2**

Dausch-Neumann-Winkel:

eine Gerade durch die distobukkalen Höckerspitzen der ersten Molaren bildet mit den Eckzahnachsen einen Winkel [9].

*Stahl et al.* [66] modifizierten den „**Eckzahnwinkel**“, indem die Molarenverbindungsline über die mesiobukkalen Höckerspitzen der oberen ersten Molaren führte, während die Strecke durch die Eckzahnachse bestehen blieb.



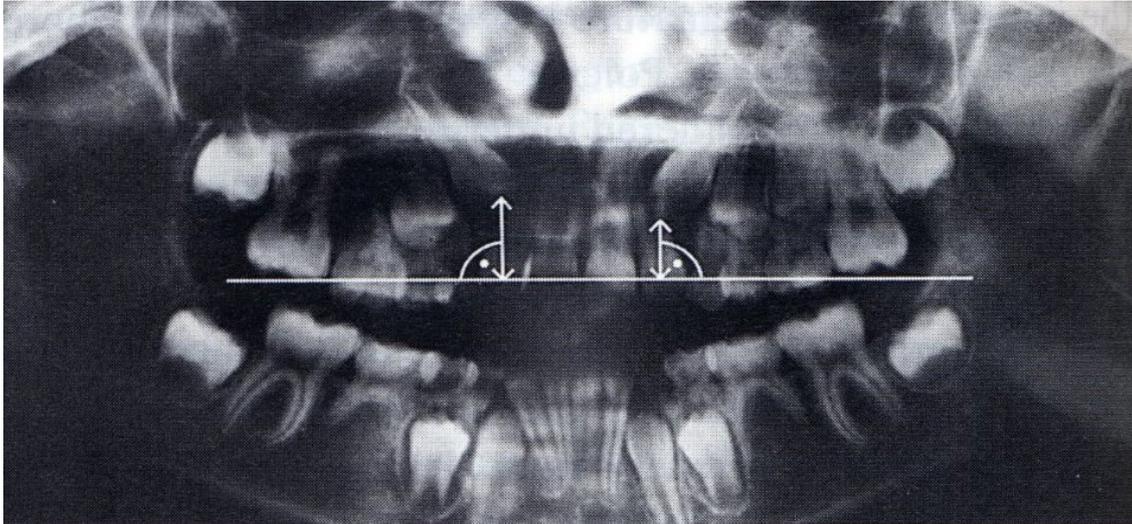
**Abb. 3**

Eckzahnwinkel:

die Molarenverbindungsline führt durch die mesiobukkalen Höckerspitzen der ersten Molaren und bildet einen Winkel mit der Verlängerung der Eckzahnachse [66].

### 2.6.1.2 Eckzahnabstand

Darauf basierend wurde als weiterer Parameter bei oben genannten Autoren der „**Eckzahnabstand**“ als die kürzeste Strecke zwischen der Molarenverbindungsline und der Eckzahnspitze definiert [66].



**Abb. 4**

Eckzahnabstand:

die kürzeste Distanz zwischen Eckzahnspitze und Molarenverbindungsline [66].

Bei ihren Ergebnissen konnte ein statistisch gesicherter Zusammenhang von Abstand und Winkel aufgezeigt werden, der darin besteht, dass mit Abweichungen von der normalen Angulation gleichzeitig das Vertikalwachstum des Eckzahnes eingeschränkt ist.

### 2.6.1.3 Inklination des Eckzahns

*Ericson und Kuroi* [12] fügten in ihren Studien weitere Winkel, Strecken und Sektorenunterteilungen hinzu. Dabei untersuchten sie die Position von verlagerten Eckzähnen, die Resorptionen bei seitlichen Schneidezähnen verursacht hatten im Vergleich zu der Lage von ektopischen Canini, welche die seitlichen Schneidezähne nicht resorbierten.

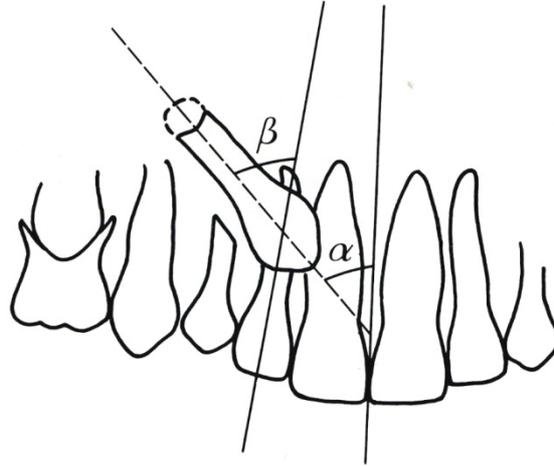
Bei der Resorptionsgruppe befand sich der Eckzahn in palatinal-, distopalatinal- oder bukkal-ektopischer Position zur resorbierten Wurzel.

**Winkel  $\alpha$** , der die Inklination der Eckzahnachse zur Mittellinie beschreibt, welche zwischen den zentralen Schneidezähnen verläuft, betrug in der Resorptionsgruppe durchschnittlich  $29,5^\circ$  und in der Kontrollgruppe  $18,6^\circ$ .

Zur weiteren Bestimmung der Inklination wurde der **Winkel  $\beta$**  herangezogen, der sich aus der Zahnachse des Eckzahnes und des seitlichen Schneidezahnes ergibt. Es



ergab sich bei der Resorptionsgruppe ein Wert von durchschnittlich  $39,1^\circ$ , bei der Kontrollgruppe ein Durchschnittswert von  $31,1^\circ$ .

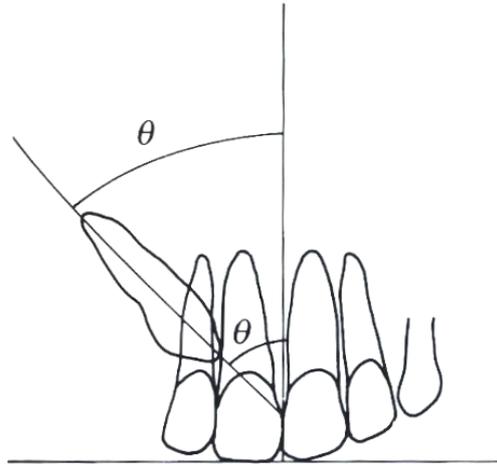


**Abb. 5**

Winkel  $\alpha$ : Schnittpunkt der Eckzahnachse und der Mittellinie [12];

Winkel  $\beta$ : Schnittpunkt der Eckzahnachse und der Zahnachse des benachbarten seitlichen Schneidezahnes [12].

Auch andere Autoren definierten in ihren Studien einen **Winkel** zur Inklination des Eckzahnes unter Heranziehung der Mittellinie der beiden mittleren Schneidezähne [61].



**Abb. 6**

Inklination des Eckzahnes zur Mittellinie nach Power und Short [61].

Skalierungsgrad 1 : 0 – 15°

Skalierungsgrad 2 : 16 – 30°

Skalierungsgrad 3 : >30°

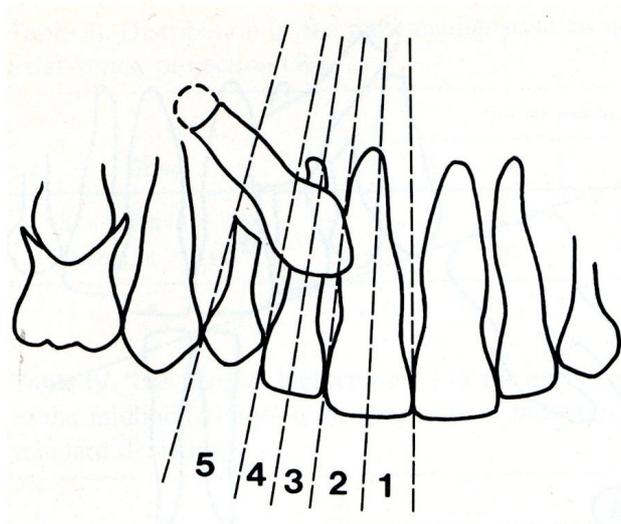
Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass die Möglichkeit des Eckzahnes in einen normalen und regulären Eruptionsweg zurückzukehren schwindet, sobald dessen Angulation mehr als 31° beträgt.

Ebenso versuchten *Stivaros und Mandall* [68] anhand von Orthopantomogrammen zu evaluieren, welche radiologischen Faktoren dem Kieferorthopäden bei der Entscheidung behilflich sein können, ob ein verlagerter Eckzahn operativ freigelegt werden soll und damit einzustellen ist oder ob dieser operativ zu entfernen ist.

Auch sie sahen in der **Angulation** des Eckzahnes einen wesentlichen Faktor. In dieser Studie wurde der Winkel über eine Überschneidung der Zahnlängsachse des Eckzahns und der Mittellinie zwischen den beiden mittleren Schneidezähnen wie bei den zuvor genannten Autorengruppen konstruiert. Sie unterteilten den erfassten Winkel ebenso wie Short et al. in drei Grade. Grad 1 entspricht einer Angulation von 0-15°, Grad 2 beinhaltet die Winkel 16-30° und Grad 3 werden letztlich Winkel größer 31° zugerechnet.

### 2.6.1.4 Sektorenunterteilung

Nachdem in der Untersuchungsgruppe von *Ericson und Kurol* [12], die sich durch Resorptionen an den lateralen Schneidezähnen auszeichnete, die Eckzahnkrone häufig weiter mesial lag als in der Kontrollgruppe, erfolgte die Unterteilung des Front- und Eckzahnbereichs in **5 Sektoren**. Sektor 5 entspricht in mesiodistaler Ausrichtung dem zukünftigen Platz des Eckzahnes in der Zahnreihe. Sektor 4 beschreibt die Lage des Eckzahnes von der distalen Wurzeloberfläche des seitlichen Schneidezahnes bis zur Längsachse des Selbigen. Die Strecke von der Längsachse des Lateralen bis zur distalen Kontur der Wurzel des mittleren Schneidezahns beschreibt Sektor 3. Von dort bis zur Längsachse des ersten Schneidezahns entsprechend ist Sektor 2 angelegt, während Sektor 1 den Raum der Längsachse bis zur Mittellinie zwischen den beiden Inzisivi umfasst.



**Abb. 7**

**5 Sektoren:**

Unterteilung des jeweiligen Frontzahnsegments zur Erfassung der Position der Eckzahnkrone in mesio-distaler Ausrichtung [12].

Dabei konnten sie hinsichtlich der Lage der Eckzahnspitze feststellen, dass sich in der Resorptionsgruppe 65% der Fälle in den am weitesten medial gelegenen Sektoren 1 bis 3 befanden, während in der Kontrollgruppe lediglich 28% solch eine Lage aufwiesen.

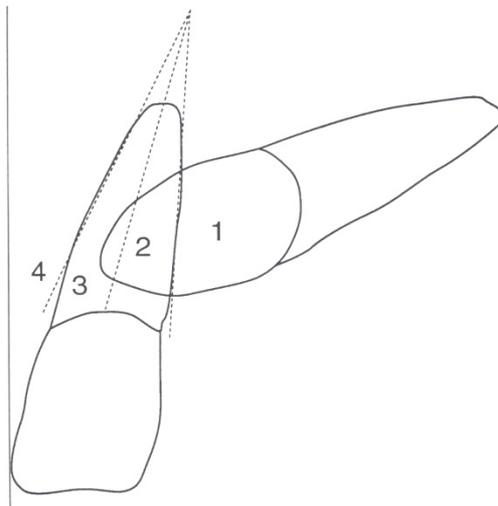
In ihren Untersuchungen fanden *Ericson und Kurol* heraus, dass die Gefahr einer Resorption der Wurzel des seitlichen Schneidezahns dreimal so hoch und jeder zweite Laterale tatsächlich resorbiert war, wenn der Eckzahn mesial des seitlichen Schneidezahns lag, also in den Sektoren 1 und 2.

*Power und Short* [61] untersuchten Panoramschichtaufnahmen bezüglich der Einstellungsmöglichkeiten des verlagerten Eckzahnes.

Sie beurteilen das bildliche Überschneiden der nächsten Schneidezahnwurzel durch den verlagerten Eckzahn auch anhand von **4 Sektoren**.

Dabei entspricht Sektor 0 keiner Überlagerung, Sektor 1 einer Überlagerung, die bis zur ersten Hälfte der Breite des Schneidezahns reicht, Sektor 2 zur zweiten Hälfte. Sektor 3 beschreibt die komplette Überlagerung der Wurzel und Überlagerungen darüber hinaus.

Auch von *Stivaros et al.* wurden die **Eckzahnüberlagerungen** mit der Wurzel des benachbarten Schneidezahns in dieselben Sektoren eingestuft. Einziger Unterschied war die Benennung der Sektoren. Hier erfolgte die Sektorenunterteilung von 1 bis 4 [68].



**Abb. 8**

Sektorenunterteilung:

zur Bestimmung des Ausmaßes der Überlagerung des Eckzahnes [61] [68].

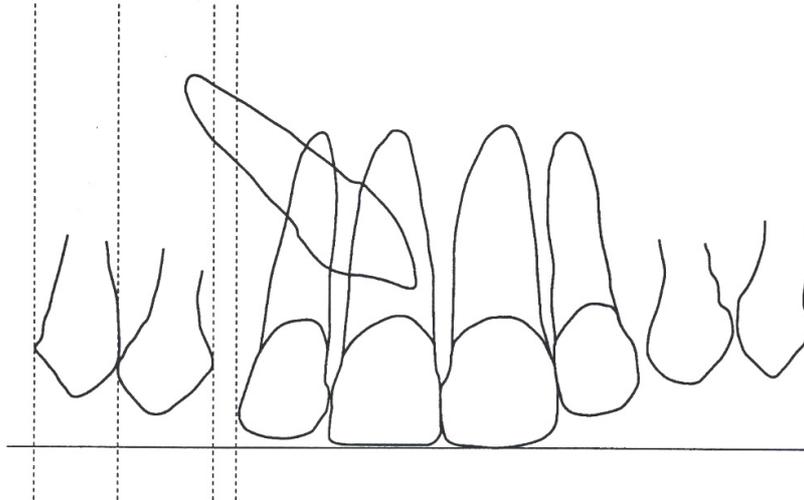
Sektor 1: keine Überlagerung

Sektor 2: Überlagerung des Eckzahns bis zur ersten Hälfte der Breite des seitlichen Schneidezahns

Sektor 3: Überlagerung bis zur zweiten Hälfte

Sektor 4: Komplette Überlagerungen der Wurzel und darüber hinaus

Zusätzlich beurteilten *Stivaros et al.* die Position des Eckzahnapecis in antero-posteriorer Richtung. Die Unterteilung erfolgt zahnbezogen. Stufe 1 entspricht der Eckzahnregion, Stufe 2 der Region des oberen ersten Prämolaren und Stufe 3 der Region des oberen zweiten Prämolaren.



**Abb. 9**

Beurteilung der Lokalisation der Wurzelspitze des verlagerten Eckzahns [68].

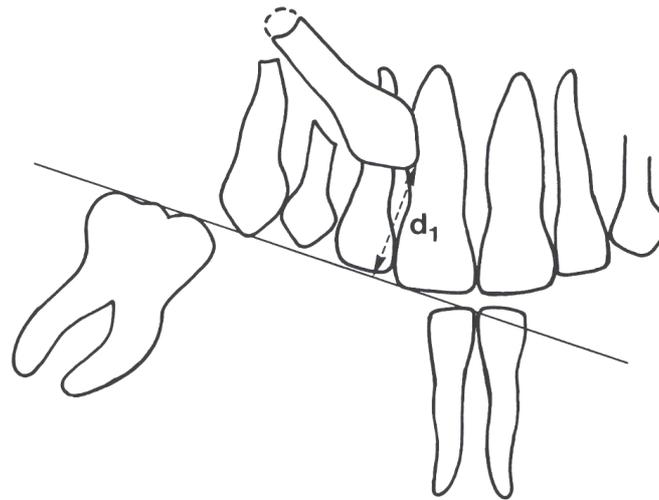
Stufe 1: Eckzahnregion

Stufe 2: Region des ersten Prämolaren

Stufe 3: Region des zweiten Prämolaren

### 2.6.1.5 Vertikalentwicklung

Die **Abstandsmessung  $d_1$**  auf der Panoramiaschichtaufnahme, die den Abstand der Eckzahnspitze zur Kauebene beschreibt und von Ericson und Kurol [12] durch eine Gerade konstruiert wurde, die vom Inzisalpunkt der Unterkiefer-Schneidezähne zum distobukkalen Höcker des zweiten Unterkiefermolaren verlief, konnte in ihrer Resorptionsgruppe mit durchschnittlich 14,1 mm festgehalten werden. In der Kontrollgruppe betrug die Distanz im Durchschnitt 15,6 mm.

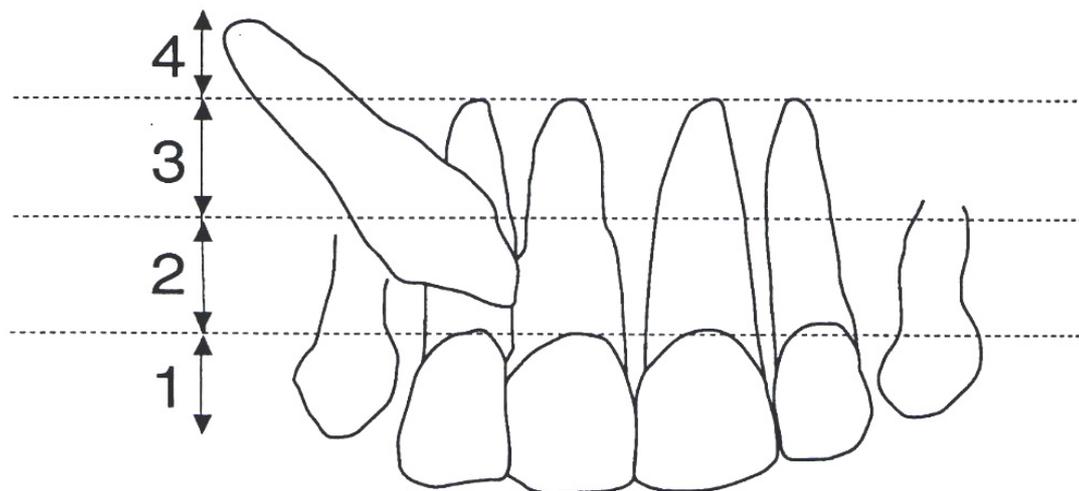


**Abb. 10**

$d_1$ :  
Abstand der Eckzahnspitze zur Kauebene [12].

Das **Eruptionsstadium** des Eckzahnes kann auch in Relation zur Wurzel des benachbarten Schneidezahns mittels der Unterteilung in **4 Grade** differenziert betrachtet werden [68].

Grad 1 entspricht der Position des verlagerten Eckzahns unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze. Grad 2 liegt darüber, aber unter der Hälfte der Wurzellänge, während Stufe 3 die restliche Wurzellänge umfasst. Grad 4 liegt oberhalb der Wurzellänge.



**Abb. 11**

Eruptionsstadium der Eckzahnkrone [68].

Grad 1: Position der Eckzahnkrone unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze

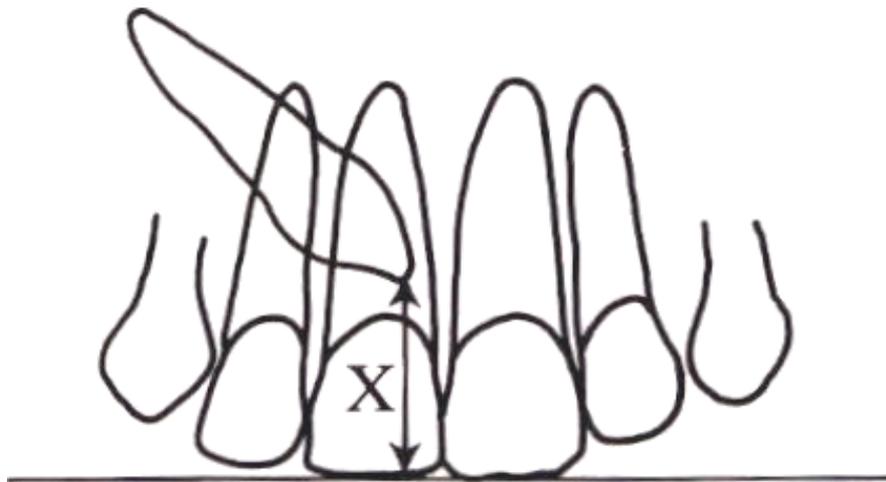
Grad 2: Position der Eckzahnkrone oberhalb der Schmelz-Zement-Grenze, aber unter der Hälfte der Wurzellänge

Grad 3: Position der Eckzahnkrone innerhalb der zweiten Wurzelhälfte

Grad 4: Position oberhalb der Wurzel

Ähnlich unterteilten *Power und Short* [61] das Eruptionsstadium in 5 Grade. Die größten Erfolge bei noch erfolgtem Durchbruch sahen die Autoren in ihren Untersuchungen bei einem Eruptionsgrad von etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{3}{4}$  der Wurzellänge des nächstgelegenen Schneidezahnes.

Als weiterer Anhaltspunkt wurde die **vertikale Höhe** der Eckzahnspitze zur Kauebene beurteilt, die durch eine horizontale Linie durch die Schneidekanten der mittleren Inzisivi konstruiert wurde.



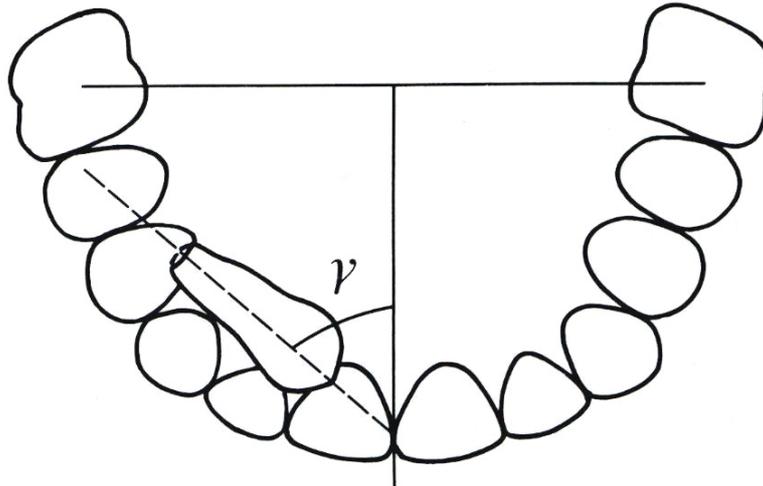
**Abb. 12**  
Abstand der Eckzahnspitze zur Kauebene Short [61].

### **2.6.2 Winkel, Strecken und Sektoren in der Aufbiss- Aufnahme (Axial-vertex projection)**

*Ericson und Kurol* [12] machten sich ebenso Aufbissaufnahmen zu Nutze.

Zur Bestimmung der Mesialneigung des Eckzahns legten sie den **Winkel  $\gamma$**  fest, der aus der Eckzahnachse und der Mittellinie der Maxilla konstruiert wird. Die Mittellinie ist das Lot, das durch den Approximalraum der Inzisiven auf eine Verbindungslinie der Zentralfissuren der ersten Unterkiefermolaren gefällt wird.

Die Autoren fanden heraus, dass in der Resorptionsgruppe die Mesialinklination höher ausfiel ( $34,5^\circ$ ) als in der Kontrollgruppe ( $16,4^\circ$ ).



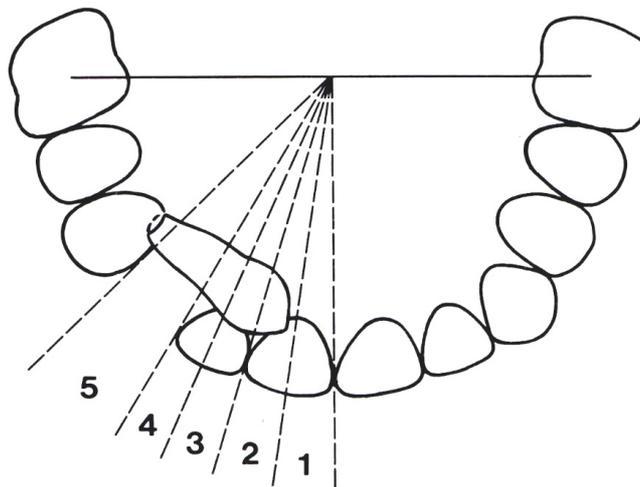
**Abb. 13**

Winkel  $\gamma$ :

Schnittpunkt der Eckzahnachse und der Mittellinie der Maxilla [12].

Ebenso wurde eine **Sektorenunterteilung** durchgeführt, um die Eckzahnkrone in ihrer mesio-distalen Ausrichtung zu erfassen. Die Sektorenunterteilung 1 bis 5 entspricht derjenigen für Orthopantomogramme.

Hier wiesen 60 % der Resorptionsgruppe eine Eckzahnverlagerung in den Sektoren 1 bis 3 auf, während sich bei der Kontrollgruppe 28% der Canini in diesen Sektoren befanden.



**Abb. 14**

Sektorenunterteilung:

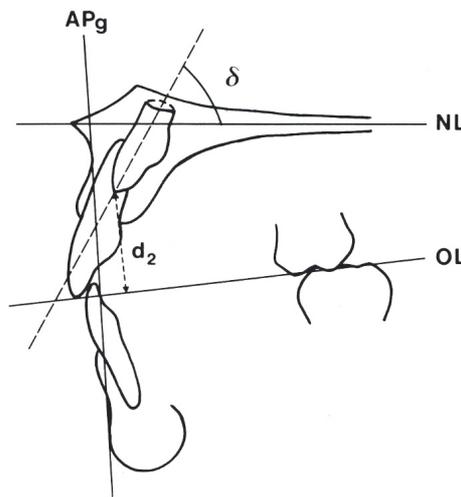
Erfassung der Eckzahnkrone in mesio-distaler Ausrichtung. Die Sektoren entsprechen denjenigen des OPG's. [12]



### 2.5.3 Winkel und Strecken im Fernröntgenseitenbild (Lateral head film)

Die Inklination der Eckzahnachse mit dem Schnittpunkt der Nasal-Linie, die durch eine Verbindung der Spina nasalis mit dem Pterygomaxillarpunkt definiert ist, ergibt den **Winkel  $\delta$**  [12]. Diesbezüglich ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Resorptionsgruppe.

Bei der **Abstandsmessung  $d_2$**  wird die Distanz der Eckzahnspitze zu der Kauebene aufgenommen, welche eine Gerade durch die Oberkieferinzisivi und die distobukkale Höckerspitzen der Unterkiefermolaren darstellt.



**Abb. 15**

Winkel  $\delta$ :

Schnittstelle der Eckzahnachse und der Nasallinie [12].

$d_2$ :

Abstand zwischen Eckzahnspitze und Kauebene [12].

Letztlich lässt sich festhalten, dass die ektopische Eruption oder Verlagerung an sich nicht das Risiko einer Resorption erhöht, allerdings sehr wohl in Verbindung mit anderen Faktoren. Besonders eine mesialere Lage der Eckzahnkrone, ein fortgeschrittener Entwicklungsgrad des Eckzahns und erhöhte mesiale Inklination des Durchbruchsweges erhöhten das Resorptionsrisiko [12].

## **2.7 Therapie**

Nach frühestmöglicher Diagnosesicherung lassen sich zur Verhinderung von Resorptionen und Lückenschluß von distal folgende therapeutischen Alternativen unterscheiden:

Zum einen bietet sich die chirurgische Entfernung des verlagerten Zahnes mit anschließender prothetischer Therapie zum Lückenschluß an.

Zum anderen besteht die Möglichkeit der Reimplantation oder der kieferorthopädischen Elongationsbehandlung nach chirurgischer Freilegung des Eckzahns [28].

Zur Elongation werden entweder Gummizüge mit herausnehmbaren Plattenapparaturen verwendet oder es wird auf weitere Hilfsmittel verzichtet und der selbständige Durchbruch bei eingeschlagenem Schleimhautlappen abgewartet [71]. Daran anschließend erfolgt eine weitere Bewegung z.B. mittels Transpalatinalbügel und angeschweißten Ausleger sowie die Korrektur und Ausformung des Ober- und Unterkiefers mit Multibandapparaturen [25].

Durch die Extraktion des Milcheckzahns kann die Prognose für einen natürlichen Durchbruch des Eckzahnes erhöht werden. Dies zeigte sich in Studien [15], bei denen sich die Eckzahnposition nach Extraktion innerhalb von zwölf Monaten deutlich verbesserte.

Basierend auf diesen Ergebnissen sollten einige Bedingungen der Verlagerung vor der Extraktion erfüllt sein, damit ein natürlicher Durchbruch des Zahnes stattfinden kann [2].

Die Diagnose sollte frühestmöglich erfolgen, am besten im chronologischen Alter zwischen zehn und dreizehn Jahren. Dabei sollte sich der Apex überhalb der Zahnreihe befinden, die Krone des Eckzahnes gleichzeitig die Wurzel des Laterale nicht mehr als die Hälfte überlappen. Andere Autoren empfehlen, bereits in einem dentalen Alter von acht bis neun Jahren mit den Beobachtungen der intramaxillären Zahnwanderung des Eckzahns zu beginnen, um rechtzeitig mögliche Verlagerungen zu erkennen [72].

Von Vorteil ist ein Winkel kleiner 55 Grad zwischen der Eckzahnachse und der Mitte-Sagittal-Ebene.

Auf Grund der nicht genauen Vorhersehbarkeit einer Verlagerung [48], sollte die frühzeitige Extraktion allerdings skeptisch betrachtet werden.

Die Extraktion der seitlichen Schneidezähne stellt eine seltene Indikation bei fehlgebildeten zapfenförmigen Lateralen zur Schonung der gesunden ersten Prämolaren dar [2].

Um einen chirurgisch Eingriff zu umgehen, besteht die Möglichkeit der kieferorthopädischen Lückenöffnung, wodurch maßgeblich die Position der Eckzahnkrone zu den Wurzeln der Lateralen verändert wird und damit auch die Führungsfunktion dieser Zähne entsprechend der Guidance-Theorie [2].

Die häufigste Therapieform des verlagerten Zahnes ist die kieferorthopädische Einordnung mittels festsitzender Technik. Die Aufgabe der kieferorthopädischen Apparatur ist neben dem kontrollierten Durchbruch des retinierten Zahnes die Einordnung der übrigen Zähne in einer einzigen Behandlung [2].

### **3 Material und Methode**

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine randomisierte, retrospektive kontrollierte Studie von 68 Patienten. Die Untersuchungs- und Kontrollgruppe stammt aus dem unbehandelten Patientengut (n=3058), das in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig- Maximilian Universität München vorstellig wurde und im weiteren Verlauf eine kieferorthopädische Behandlung erfuhr.

Die Untersuchungsgruppe umfasste diejenigen Patienten, die eine uni- oder bilaterale palatinale Eckzahnverlagerung im Oberkiefer und gleichzeitig eine röntgenologisch eindeutige Resorption der benachbarten Schneidezähne aufwiesen (N=16; 1 Mann/ 15 Frauen; Durchschnittsalter: 14,357 Jahre).

Die gegenüber gestellte Kontrollgruppe ergab sich aus den uni- oder bilateral palatinal verlagerten Eckzähnen der Maxilla ohne Resorption der seitlichen Schneidezähne (N=53; 19 Männer/34 Frauen; Durchschnittsalter: 15,102).

Die Abgrenzung der bukkalen von der palatinalen Eckzahnverlagerung erfolgte durch röntgenologische Lokalisierungsverfahren wie der Parallaxentechnik [2] [34] oder wurde anhand schriftlicher und bildlicher Dokumentation nach operativer Freilegung bestätigt.

Zur weiteren alters- und entwicklungsbedingten Einschränkung der Patienten der Kontroll- und Untersuchungsgruppe wurde das Alter auf einen röntgenologischen Entwicklungsstand der verlagerten Eckzähne auf das GAT-Stadium 4 bis 5 festgelegt.

Die entspricht der vollständigen Ausbildung der Wurzel bis hin zum Verschluss des Apex. Die früheren Stadien der Zahnentwicklung lagen im Patientengut nicht vor.

Des weiteren mussten die Apices der restlichen Dentition verschlossen sein, bis auf die der zweiten Prämolaren sowie der zweiten und dritten Molaren [5].

Mindestalter war ein dentales Alter von 9 Jahren. Zu diesem Zeitpunkt befindet sich die Eckzahnkrone in der normalen Dentition mesial oder in Höhe der Wurzelspitze des seitlichen Schneidezahns und unterhalb der Nasenhöhle [72].

Unter Einbezug all dieser Kriterien scheint es gewährleistet zu sein, dass sich der verlagerte Caninus nicht anschickt, einen normalen Eruptionsweg einzuschlagen, sondern eine Retention oder Verlagerung anzunehmen ist.

Die Resorptionen ließen sich schließlich in apikalen Röntgeneinzelaufnahmen oder in Orthopantomogrammen verifizieren, die zugleich so ausgeprägt waren, dass eine

sofortige Therapie zur Gewährleistung des weiteren Erhalts des resorbierten Zahnes eingeleitet wurde.

Computertomographische Schnitte wurden zur Bestätigung einer Resorption nicht verwendet, da sich die untersuchten Resorptionen so deutlich auf den vorliegenden Röntgenbefunden darstellten, dass von einer starken Verkürzung der Schneidezahnwurzeln auszugehen war. Zudem wurde eine Vielzahl der Resorptionen in der Untersuchungsgruppe, die aus bereits abgeschlossenen Patientenfällen besteht, durch Vermerke in den jeweiligen Journalen bestätigt.

Kleinere oder beginnende apikale Resorptionen wurden somit nicht erfasst, da diese auf Grund von Überlagerungen und Detailuntreue in den vorliegenden röntgenologischen Unterlagen nicht erkennbar waren.

Ausgeschlossen wurden kieferorthopädisch vorbehandelte Patienten sowie Patienten mit Syndromen.

### **3.1 Auswertung der Journale**

Anhand der Patientendaten aus den zugehörigen Journalen und Karteikarten wurden folgende Parameter untersucht und ausgewertet:

Begonnen wurde mit der Festhaltung des Alters zum Zeitpunkt der relevanten und auszuwertenden Röntgenaufnahme, die mit der Herstellung der Situationsmodelle meist gleichzeitig vorgenommen wurde sowie mit der Festlegung der Geschlechtszugehörigkeit.

Ebenso relevant waren die kephalometrischen Daten. Die Unterteilung der Gesichtsharmonie erfolgte in harmonisch und disharmonisch. Der Gesichtstyp wurde aus den Variablen orthognath, retrognath und prognath definiert. Sowohl die Inklination der Maxilla als auch der Mandibula konnte mit „anterior“ oder „posterior“ notiert werden.

Darauf erfolgte die Beurteilung der basalen Relation der Kieferbasen in der Sagittalen (neutral, distal, mesial) mit Festhaltung des ANB-Winkels, da dieser allein keine Aussagekraft hätte.

Die vertikale Basenrelation wurde unterteilt in Neutral, Offen und Tief. Diesen Variablen konnten zur weiteren Differenzierung die Ziffern 1, 2 oder 3 hinzugefügt werden, die die Gesichtstiefe und somit einen vergrößerten, ausgewogenen oder

verkleinerten Interbasalwinkel beschreiben und sich auch aus den ML-NL-Winkelwerten ergeben.

Die transversale Bisenrelation bezieht sich hingegen hauptsächlich auf den Oberkiefer. Dieser kann ausgewogen und entsprechend entwickelt sein oder für den Unterkiefer in seiner transversalen Dimension zu eng sein.

Des Weiteren wurde den Akten entnommen, ob eine uni- oder bilaterale Verlagerung vorliegt und welcher der Canini retiniert ist.

Letztens erwies sich noch die Behandlungsdauer ab dem Zeitpunkt der Freilegung oder der kieferorthopädischen Intervention zur Einstellung des Eckzahnes sowie Art der Therapie von hoher Bedeutung. Hier stehen sich die Therapie mittels Platte und die Multibraketapparatur gegenüber.

## **3.2 Auswertung der radiologischen Befunde**

### ***3.2.1 Auswertung des Orthopantomogramms***

Dem Orthopantomogramm wurden folgende Untersuchungsparameter entnommen:



**Abb. 16**  
Orthopantomogramm

Zunächst wurde das Entwicklungsstadium des Eckzahnes erfasst. Dies erfolgte anhand des Zahnalters nach GAT. Die Unterteilung umfasst die Stadien 1 -5. Für die Zielgruppe der Untersuchung waren allerdings die Stadien 4 und 5 relevant. Diese beschreiben die Wurzelbildung von der Hälfte bis zur ganzen Länge, bei noch offenem Apex beziehungsweise den voll ausgebildeten Zahn mit geschlossener Wurzelspitze.

Es folgte die Auswertung und Messung von Winkeln, welche die verlagerten Eckzähne mit Bezugslinien bilden. Für bildliches Anschauungsmaterial wird auf den entsprechenden Teil der Literaturübersicht verwiesen.

Winkel  $\alpha$  beschreibt einen Winkel zwischen der Zahnachse des verlagerten Eckzahnes und einer Mittellinie, welche durch die beiden zentralen Schneidezähne führt [12] ( Literaturübersicht s.S.19, Abb. 5).

Winkel  $\beta$  wird durch die Eckzahnachse und die Achse des benachbarten lateralen Schneidezahns gebildet [12] (Literaturübersicht S.19, Abb. 5). Als einer der ersten Winkel, die bei Eckzahnverlagerungen gemessen wurden, gilt der Eckzahnwinkel nach Dausch-Neumann. Bei diesem wird der Winkel zwischen der verlagerten Eckzahnachse sowie einer Molarenverbindungsline gemessen, welche durch die distobukkale Höckerspitzen der ersten Molaren des Oberkiefers gezogen wird [9] (Literaturübersicht s.S. 17, Abb. 2).

Die Abstandsmessung  $d_1$  beschreibt die Distanz der Eckzahnspitze zu einer definierten Kauebene, welche sich durch eine Verbindung des Inzisalpunktes mit dem distobukkale Höcker des zweiten Unterkiefermolaren ergibt [12] (Literaturübersicht s.S. 24, Abb.10).

Die Abstandsmessung  $d_3$  hingegen ist durch die Strecke zwischen Eckzahnspitze und einer Molarenverbindungsline definiert, welche nach Meinung einiger Autoren [66], abweichend von Dausch-Neumann, durch die mesiobukkale Höckerspitzen der oberen ersten Molaren führt (Literaturübersicht s.S. 18, Abb. 4).

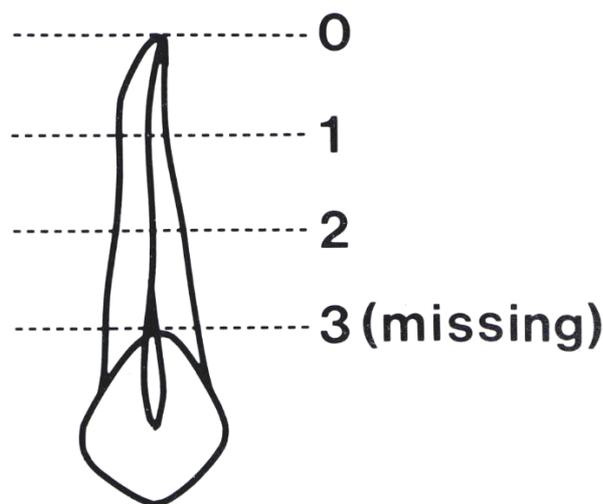
Weitere Untersuchungspunkte waren das Feststellen einer Resorption an der Wurzel und am Apex des benachbarten seitlichen und zentralen Schneidezahns sowie die Vermessung der Wurzellänge des verlagerten Caninus und des Lateralen.

Des Weiteren erfolgte die Vermessung der Follikelbreite des retinierten Eckzahnes. Die Messung erfolgte am Punkt der größten Distanz des Zahnsäckchens zur Eckzahnkrone. Dabei wurde gleichzeitig die Follikelform kategorisiert, die sich in

regulär und irregulär unterteilen lässt, was einer entsprechenden Größenzunahme und Asymmetrie des Follikels entspricht.

Ein weiterer Parameter war die Beurteilung der Durchgängigkeit der Lamina dura des benachbarten seitlichen Schneidezahns. Diese scheint bei Resorptionen häufig unterbrochen, ist allerdings auch nicht selten durch den verlagerten Zahn überlagert oder durch bekannte Darstellungsprobleme des Frontzahnbereichs respektive Überlagerung der Halswirbelsäule und andere Verschattungen schwer beurteilbar.

Da bei Verlagerungen des Eckzahns häufig Persistenzen des Milcheckzahns zu beobachten sind, wurden diese ebenso festgehalten wie der Resorptionsgrad desselbigen. Die Unterteilung erfolgt nach einer Stadieneinteilung, welche die Wurzel des Milchzahns drittelt [12]. Stadium 0 bedeutet somit keine Wurzelresorption und drittelt die Wurzellänge bishin zum Stadium 3, welches einer vollständigen Wurzelresorption entspricht.



**Abb. 17**

Stadien der Wurzelresorption [12].

Da die Ätiologie der Eckzahnverlagerung noch nicht geklärt ist und die Guidance-Theorie sowie die Vererbungstheorie, wie bereits in der Literaturübersicht geschildert, Hand in Hand zu gehen scheinen, wurden bezüglich Platzmangel und – überschuß sowie Heredität in Kombination mit einer Eckzahnverlagerung die Aplasie des benachbarten Lateralen im Speziellen überprüft. Weitere Hyper- und Hypodontien, die ebenfalls hereditär bedingt in Kombination mit der Eckzahnretention auftreten können, wurden ebenfalls untersucht. In diesem Zusammenhang ist auch besonders auf weitere Verlagerungen des Ober- und Unterkiefers geachtet worden.



### **3.2.2 Auswertung der Aufbissaufnahme**

Bei der Aufbissaufnahme wurde die Inklination der Eckzahnachse zur Mittellinie der Maxilla ermittelt, wie bereits in der Literaturübersicht geschildert. Der Wert wurde als Winkel  $\gamma$  notiert [12] (Literaturübersicht S. 26, Abb.13).



**Abb. 18**  
Aufbissaufnahme

### **3.2.3 Auswertung des Fernröntgenseitenbildes**

Im Fernröntgenseitenbild erfolgte die Konstruktion des Winkels  $\delta$ , der sich zum einen aus der Verbindungslinie der Spina nasalis und dem Pterygomaxillarpunkt und zum anderen aus der Eckzahnachse ergibt [12] (Literaturübersicht S. 27, Abb.15). Des Weiteren wurde die Distanz  $d_2$  ermittelt, welche die Entfernung zwischen Eckzahnspitze und der Kauebene angibt. Diese verläuft durch den Inzisalpunkt der oberen zentralen Schneidezähne und den distobukkalen Höcker des ersten oberen Molaren [12].

### **3.2.4 Auswertung des Zahnfilms**

Zunächst erfolgte der röntgenologische Befund, ob eine Resorption des benachbarten Lateralen vorliegt. Anschließend wurde die Messung der Wurzellänge des verlagerten Eckzahnes sowie des benachbarten Schneidezahns vorgenommen. Nach Aufnahme der größten Distanz zwischen Eckzahnkrone und Peripherie des Eckzahnfollikels erfolgte die Beurteilung der Follikelform in regulär und irregulär, wie bereits weiter oben schon erläutert.

Bei Persistenz eines Milcheckzahns wurde das Resorptionsstadium festgehalten [12] und zuletzt die Durchgängigkeit der Lamina dura des Lateralen untersucht.



**Abb. 19**  
Zahnfilm

### **3.3 Auswertung der Situationsmodelle**

Zunächst wurde eine Einteilung der sagittalen Gebissituation entsprechend der Angle-Klassifikation in Neutralbiss (Klasse I), Distalbiss (Klasse II) und Mesialbiss (Klasse III) vorgenommen. Anschließend erfolgte die Vermessung des vertikalen

(Overbite) und sagittalen (Overjet) Überbisses mittels Schublehre. Anschließend wurde auch mit Hilfe des FRS das Vorliegen eines Deckbisses festgehalten.

Letztlich wurde geprüft, ob eine maxilläre Mittellinienverschiebung in Richtung der betroffenen Seite vorliegt.

Diese ist bei Eckzahnverlagerung häufig durch den Platzüberschuss auf Grund des kleineren persistierenden Milcheckzahns oder die Lücke nach Verlust des Milchzahns bei Retention des Eckzahns bedingt. Nach Ermittlung der Richtungsverschiebung erfolgte die Messung mit Hilfe einer Schublehre.

Des Weiteren wurde die Form des Lateralen kontrolliert.

Dies scheint relevant, da zum einen häufig genetisch bedingt Zapfenzähne in Kombination mit einer palatinalen Eckzahnverlagerung auftreten (Vererbungstheorie), zum anderen weisen Zapfenzähne eine zierlichere und kürzere Wurzel auf, die sich zusätzlich auch langsamer entwickelt als regulär, womit dem Eckzahn die Wurzel als Leitschiene zur Eruption fehlt (Guidance-Theorie).

War der größte mesio-distale Durchmesser des oberen seitlichen Schneidezahns größer als der des entsprechenden seitlichen Schneidezahns im Unterkiefer, wurde er als normal eingestuft. War der Durchmesser allerdings kleiner oder gleich dem des analogen Unterkieferschneidezahns, galt der Zahn als mikroodont. Wurde der größte Durchmesser zervikal gemessen, lag ein Zapfenzahn vor.

Abschließend wurde nach Auswertung aller erhobener Parameter noch festgelegt, ob nach Betrachtung der röntgenologischen Befunde definitiv eine Resorption des seitlichen Schneidezahnes vorliegt. Diese Aussage fällt besonders bei alleiniger Betrachtung eines Orthopantomogramms schwer, da der Frontzahnbereich, wie oben bereits beschrieben, nicht selten durch Überlagerungen, Verschattungen sowie geringer Detailtreue gekennzeichnet ist und somit nur ausgeprägte apikale Resorptionen zu diagnostizieren sind. Beginnende apikale, laterale oder palatinale Läsionen sind allerdings kaum beurteilbar.

Nach Betrachtung aller röntgenologischen Befunde erfolgte zuletzt eine definitive Einteilung des gesamten Patientengutes in eine Untersuchungsgruppe mit uni- oder bilateraler palatinaler Eckzahnverlagerung einschließlich Resorption der Inzisiven und eine Kontrollgruppe mit uni- oder bilateraler palatinaler Eckzahnverlagerung ohne röntgenologische Resorptionen.

## **4 Fragestellung**

Neben der Schwierigkeit der chirurgischen und kieferorthopädischen Einordnung eines palatinal verlagerten Eckzahnes, liegt das Hauptproblem dieser Retention in der möglichen Resorption der benachbarten Schneidezahnwurzeln. Diese können im schlimmsten Fall sogar den Verlust der Frontzähne durch komplette Auflösung der Wurzeln verursachen.

Daher ist das Anliegen dieser retrospektiven randomisierten Studie, festzustellen, welche Faktoren und Gegebenheiten einer palatinalen Eckzahnverlagerung diese teils schwerwiegenden Läsionen auslösen und bedingen können und wie sich auf Grund des Ausgangsbefundes mit diesen Erkenntnissen solche Resorptionen rechtzeitig diagnostiziert werden können, um gegebenenfalls daraus eine therapeutische Konsequenz zu ziehen.

Folgende Fragen sollten geklärt werden:

- Nimmt das Ausmaß der Verlagerung, der Grad der Verlagerung und die Höhe der Retention Einfluss auf die Resorption?
- Nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Resorption bei röntgenologischer Überlagerung der Eckzahnkrone über die Nachbarwurzel, also bei engem Kontakt, zu?
- Zeigen sich bei Patienten mit Eckzahnverlagerung weitere dentale Anomalien, die auf eine genetische Komponente der Verlagerung schließen lassen?
- Ist die Resorption das Ergebnis eines physiologischen Prozesses, der in der Vergrößerung des Eckzahnfollikels seine Ursache hat?

## **5 Ergebnisse**

Die Auswertung der Erhebungsbögen erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS ® 12,0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

### **5.1 Unterschiede zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe**

Im Anschluss werden die Mittelwerte (Mean) und die Standardabweichungen (SD) der Variablen ermittelt und deren Normalverteilung mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests geprüft.

Zeigt sich eine Normalverteilung ( $p > 0,05$ ), folgt Students parametrischer t-Test. Mit dessen Hilfe können signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Variablen untersucht werden.

Anschließend findet eine Überprüfung der Varianzen durch den Levene-Test auf Homogenität ( $p > 0,1$ ) oder Inhomogenität ( $p < 0,1$ ) statt.

Ist keine Normalverteilung der Variablen feststellbar (Kolmogorov-Smirnov-Test:  $p < 0,05$ ), wird als nichtparametrisches Äquivalent für die vorliegenden unabhängigen Stichproben der Mann-Whitney-U-Test herangezogen.

Variable	Sex		UniBi		d <sub>1</sub>		d <sub>3</sub>		d <sub>2</sub>		WL2OPG		WL3ZF		WL2ZF		Res2ZF		FoFoOPG		FoFoZF	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Gruppe</b>	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Mean</b>	1,9	1,6	1,6	1,3	20,4	16,7	10,8	8,00	13,3	9,5	10,7	16,9	12,7	15,7	6,7	14,6	1,00	1,7	1,8	1,4	1,9	1,4
<b>SD</b>	0,25	0,48	0,51	0,44	5,17	4,84	5,26	4,24	5,03	3,30	3,66	2,39	2,91	2,48	2,77	2,02	0,00	0,72	0,40	0,68	0,30	0,74
<b>Kolmogorov-Smirnov-Test</b>	,000		,000		,787		,815		,548		,100		,288		,053		,0001		,0001		,0001	
<b>T-Test</b>					,019*		,033*		,001**		,0001***		,010*		,0001***							
<b>Mann-Whitney-U-Test</b>	,027*		,036*														,0001***		,017*		,051*	

**Tabelle 1:**  
Signifikanzen der Variablen im t-Test und im Mann-Whitney-U-Test

Gruppe 1: Untersuchungsgruppe mit Wurzelresorptionen am benachbarten Lateralen  
Gruppe 2: Kontrollgruppe ohne Wurzelresorptionen am benachbarten Lateralen

In der Untersuchungsgruppe war der Anteil der Frauen, die von Wurzelresorptionen betroffen sind, signifikant ( $p= 0,027$ ) höher als in der Kontrollgruppe.

Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Häufigkeit von uni- bilateraler Eckzahnverlagerung konnte innerhalb der zwei untersuchten Gruppen festgestellt werden ( $p= 0,036$ ). In der Kontrollgruppe überwog die Anzahl der unilateralen Verlagerungen, in der Untersuchungsgruppe zeigte sich die bilaterale Retention signifikant erhöht.

Bezüglich der Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  und des Winkels nach Dausch-Neumann, die den Grad der Eckzahnverlagerung im Orthopantomogramm, im Fernröntgenseitenbild und in der Aufbissaufnahme beschreiben, konnten zwischen der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p= 0,610$  ;  $p= 0,657$ ;  $p= 0,07$ ;  $p= 0,215$ ;  $p= 0,756$ ).

Der Abstand der Eckzahnspitze zur Kauebene im OPG ( $d_1$ ) und im FRS ( $d_2$ ) sowie der Abstand der Eckzahnspitze zur Verbindungslinie der mesiobukkalen Höckerspitzen der 6-Jahresmolaren im OPG ( $d_3$ ) konnte in der Resorptionsgruppe als signifikant ( $p= 0,019$ ;  $p= 0,033$ ) bzw. als deutlich signifikant ( $p= 0,001$ ) erhöht festgestellt werden. In der Untersuchungsgruppe lag der Mittelwert der drei verschiedenen Abstandsmessungen (Mean  $d_1= 20,37$  mm, Mean  $d_2= 13,30$  mm, Mean  $d_3= 10,78$  mm) deutlich über den Abständen der Kontrollgruppe (Mean  $d_1= 16,74$  mm, Mean  $d_2= 9,50$  mm, Mean  $d_3= 7,99$  mm). Die Wurzellänge des benachbarten Lateralen erwies sich in der Resorptionsgruppe sowohl im Orthopantomogramm als auch im Zahnfilm hoch signifikant ( $p= 0,0001$ ,  $p= 0,0001$ ) kürzer als in der Vergleichsgruppe. In dieser betrug der Mittelwert im OPG 16,85 mm und im Zahnfilm 14,60 mm, hingegen in der Resorptionsgruppe nur 10,73 mm und 6,89 mm. Natürlich war die Resorption des Lateralen im Zahnfilm der Untersuchungsgruppe (Mean= 1,00) gegenüber der Kontrollgruppe (Mean= 1,71) deutlich signifikant ( $p= 0,0001$ ) erhöht.

Auch die Wurzellänge des verlagerten Eckzahnes im Zahnfilm zeigte sich in der Kontrollgruppe (Mean= 15,70 mm) signifikant ( $p= 0,010$ ) erhöht. Diese betrug in der Untersuchungsgruppe mittelwertig 12,71 mm.

Die Resorption des seitlichen Schneidezahns im Zahnfilm zeigte sich natürlich in der Resorptionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe hoch signifikant erhöht ( $p= 0,0001$ ), allerdings nicht im Orthopantomogramm ( $p= 0,148$ ).

Auch hinsichtlich der Form des Lateralen ( $p= 0,958$ ) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Ebenso konnten der Überlagerungsgrad der Eckzahnkrone über die Wurzeln der Inzisiven (Sektorenunterteilung,  $p= 0,320$ ) als auch die Follikelbreite im Orthopantomogramm und im Zahnfilm ( $p= 0,283$ ;  $p= 0,179$ ) keine signifikanten Differenzen aufdecken.

Die Follikelform des verlagerten Eckzahnes erwies sich im OPG ( $p= 0,017$ ) in der Untersuchungsgruppe (Mean= 1,81) deutlich irregulärer geformt als in der Kontrollgruppe (Mean= 1,36).

Die Follikelform des verlagerten Caninus im Zahnfilm ließ zwischen der Untersuchungsgruppe (Mean= 1,91) und der Kontrollgruppe (Mean= 1,41) sehr knapp keine Signifikanz ( $p= 0,051$ ) erkennen, wobei auch hier der Mittelwert der Untersuchungsgruppe erhöht war und damit deutlich eine erhöht irreguläre Form für diese Gruppe beschrieb.

Auch sonstige Verlagerungen ( $p= 0,672$ ) und eine anderweitige Zahnunterzahl ( $p= 0,531$ ) stellten sich in den Untersuchungsgruppen als nicht signifikant erhöht dar.

## **5.2 Korrelationen**

Nach Prüfung der Normalverteilung sämtlich erfasster Variablen durch den Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest ( $p= 0,05$ ) werden diese bei Normalverteilung in der Matrix der Korrelationskoeffizienten entweder als r-Werte nach Pearson-Bravais oder bei Nicht-Normalverteilung als Tau-Werte nach Kendall festgehalten.

Die Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt) sind in der Matrix hellgrau unterlegt, die Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt) sind dunkelgrau dargestellt.

Eine Korrelation ( $r$ ) zwischen  $\pm 0,4$  und  $\pm 0,7$  gilt als mittelstark, eine Korrelation über  $\pm 0,7$  als stark. Korrelationen kleiner als  $\pm 0,3$  gelten als schwach und werden hier nicht aufgeführt.

Als signifikant gelten Korrelationskoeffizienten  $p < 0,05$ . Die Höhe der Signifikanz ergibt sich durch die Anzahl der Sterne. Ein Stern deutet auf eine signifikante



Korrelation der Variablen hin, zwei Sterne zeigen eine stark signifikante Korrelation an.

### **5.2.1 Korrelationskoeffizienten der Patienten ohne Wurzelresorptionen**

Zwischen zunehmendem Alter der Patienten und dem Entwicklungsstand des verlagerten Eckzahnes, dem GAT-Stadium, das sich hier auf die Ausbildung des letzten Wurzeldrittels und den Verschuß des Apex bezieht, besteht eine mittelstarke Korrelation, die stark signifikant ist.

Negativ korreliert hingegen ist der MLNL-Winkel der Patienten mit der Gesichtstiefe. Nimmt der Winkel zu, vergrößert sich ebenso die Gesichtstiefe.

Die Inklination der Maxilla und die Inklination der Mandibula zeigen eine stark signifikante Korrelation auf, da sie zumeist beide in gleicher Richtung, also anterior oder posterior, rotiert sind oder keine Angaben zur Inklination möglich sind.

Die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  sind allesamt mittelstark oder stark korreliert mit einer starken Signifikanz.

Dies ergibt sich aus den Definitionen der Winkel. Vergrößert sich die Inklination des verlagerten Eckzahnes im OPG zur Mittellinie der Inzisiven (Winkel  $\alpha$ ), nimmt ebenso der Winkel zur Zahnachse des Lateralen zu (Winkel  $\beta$ ) wie auch der Winkel zur Mittellinie des Gaumens in der Aufbissaufnahme (Winkel  $\gamma$ ).

Besonders auffällig ist die starke Korrelation von Winkel  $\alpha$  zu Winkel  $\beta$  ( $r= 0,910^{**}$ ).

Definitionsgemäß ergibt sich eine starke negative Korrelation der Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  zu dem Dausch-Neumann-Winkel ( $r= - 0,673^{**}$ ;  $r= - 0,896^{**}$ ;  $r= - 0,992^{**}$ ). Ebenso findet sich eine negative Korrelation vom Winkel  $\delta$  zu Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ .

Bei den in Röntgenbildern vermessenen Strecken weisen  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  eine mittelstarke, aber stark signifikante Korrelation ( $r= 0,713^{**}$ ;  $r= 0,643^{**}$ ) auf. Diese kann ebenso zwischen  $d_1$  und Winkel  $\alpha$  und Winkel  $\beta$  festgehalten werden.

Des Weiteren besteht eine mittelstarke, sehr signifikante Korrelation zwischen der Resorption des seitlichen Schneidezahnes im OPG zu der Follikelform des verlagerten Eckzahnes im Zahnfilm.

	Alter	Sex	InklMax	ANB	Tiefe	MLNL	a	b	DN	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	WL3OPG	WL2OPG	g	WL3ZF	FoFoZF	ResIIIOPG	ResIIIZF
MLNL					-,588**				,433**									
GAT3er	,520**																	
InklMand			,775**															
a						-,418**		,910**	-,992**	,498**								
b									-,896**	,523**								
DN										-,487**					-,576**			
d <sub>3</sub>										,592**								
g							,665**	,736**	-,673**									
d							-,546**	-,413**	,553**									
d <sub>2</sub>										,713**	,643**							
WL2ZF												,463**	,589**		,490**			
Res2ZF					,413*													
Res2OPG																	,498**	
PersIII															,473*		-,855**	-,734**
ResIIIZF																	,889**	
Sektor							,574**	,483**	-,567**									
LDZF		,430*																
Ojet															,478**			
Obite					,418**													
MLV															-,536*			
MLVreli															,479*			

**Tabelle 2:**

Korrelationskoeffizienten der Kontrollgruppe ohne Wurzelresorptionen



= Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt)



= Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt)

	FoBrOPG	FoFoZF	Deckb	MLVreli
FoBrZF	,511**	,614**		
FoFoOPG	,504**	,718**		
Obite			-,535**	
MLV				-,925**

**Tabelle 2**

Korrelationskoeffizienten der Kontrollgruppe ohne Wurzelresorptionen



= Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt)



= Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt)

Die bei der Patientengruppe teilweise bestehende Persistenz des Milcheckzahnes spiegelt sich in der stark negativ korrelierten Beziehung mit starker Signifikanz zum erhöhten Resorptionsgrad des Milcheckzahnes sowohl im OPG als auch im Zahnfilm wieder ( $r = -0,855^{**}$ ;  $r = -0,734^{**}$ ).

Eine starke Korrelation des Resorptionsgrades des Milcheckzahns lässt sich von OPG zu Zahnfilm erkennen und ist somit lediglich eine Bestätigung der einzeln geprüften Variablen ( $r = 0,889^{**}$ ).

Die Sektorenunterteilung des retinierten Caninus, die zu den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  eine mittelstarke bis starke Korrelation zulässt, stellt sich mit dem Dausch-Neumann-Winkel hingegen als negativ korreliert dar.

Die Follikelform und –breite sind jeweils sowohl im OPG und im Zahnfilm positiv und stark signifikant korreliert als auch die Follikelform mit der Follikelbreite im Zahnfilm und im OPG.

Somit stellen sich die Form und Breite des Follikels in den unterschiedlichen Röntgenaufnahmen einheitlich dar, also auf beiden Bildern regulär/irregulär oder vergrößert. Ebenso ergibt sich dadurch eine Größenzunahme des Follikels bei irregulär geformten Follikeln.

Der Overbite der Kontrollgruppe korreliert negativ mit einem bestehenden Deckbiss und besagt damit lediglich, dass der Deckbiss mit zunehmendem Overbite einhergeht.

### **5.2.2 Korrelationskoeffizienten der Patienten mit Wurzelresorptionen**

Wie in der Kontrollgruppe korrelieren auch in der Untersuchungsgruppe die Inklination der Maxilla und Mandibula positiv ( $r = 0,859^{**}$ ) sowie Gesichtstiefe und MLNL-Winkel negativ ( $r = -0,732^{**}$ ).

Ebenso stellen sich die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  wieder als sehr stark positiv korreliert ( $r = 0,959^{**}$ ) und mit starker Signifikanz dar, wobei Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  auch eine starke negative Korrelation gegenüber dem Dausch-Neumann-Winkel ( $r = -0,992^{**}$ ;  $r = -0,942^{**}$ ) und Winkel  $\delta$  aufweisen, die ihrerseits wiederum stark positiv und signifikant korreliert sind. Per Definition ergibt sich, wie bereits oben erwähnt, bei zunehmender Verlagerung des Eckzahns eine Zunahme der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  bei einer Verkleinerung des Winkels  $\delta$  und des Winkels nach Dausch-Neumann.

Die Strecken  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  sind untereinander und noch jeweils mit den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  stark positiv korreliert in Abhängigkeit vom Ausmaß der Eckzahnverlagerung. Der Winkel  $\delta$  weist demnach ebenso wie der Dausch-Neumann-Winkel eine stark negative Korrelationen gegenüber den Strecken  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  auf.

Die Wurzellänge des resorbierten Schneidezahns zeigt eine besonders starke und sehr signifikante Korrelation zu dem Winkel  $\alpha$ , Winkel  $\beta$  ( $r = 0,843^{**}$ ;  $r = 0,816^{**}$ ), den Strecken  $d_1$  und  $d_3$  sowie eine stark negative Korrelation zu dem Dausch-Neumann-Winkel ( $r = 0,832^{**}$ ) als auch zu dem Winkel  $\delta$ .

Demzufolge nimmt die Wurzellänge des Schneidezahns bei zunehmender Verlagerung des Eckzahns zu.

	Sex	InkIMax	InkIMand	Rsag	ANB	Tiefe	MLNL	a	b	DN	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	WL3OPG	WL2OPG	d	d <sub>2</sub>	WL2ZF	
InkIMand		,859**																
Tiefe		,545*		,681**			-,732**											
MLNL		-,541*																
a									,959**									
DN								-,992**	-,942**		-,833**	-,897**						
d <sub>1</sub>								,811**	,754**									
d <sub>3</sub>								,873**	,845**		,886**							
d		-,592*	-,545*					-,691**	-,603*	,706**	-,757**	-,656**				-,888**		
d <sub>2</sub>								,740**	,581*	-,769**	,883*	,794*						
WL3ZF		,756*				,841*					,651*					-,766*	,797*	
WL2ZF								,843**	,816**	-,832**	,670*	,696*		,947**		-,724*		
PersIII		-,507*														,523*	-,460*	
ResIIIOPG		,737**	,684**		,549*						,574*					-,610*	,635*	
ResIIIZF		,625*	,645*		,750*						,548*							
FOBrOPG																	,519*	
FoBrZF			,639*															
FoFoOPG	,537*												,459*			-,526*	,597**	
FoFoZF	1,000**																	
Ojet		,618*	,688**		,734**											-,459*		
Obite				-,516*													-,624*	
MLV								-,493	-,500*	,456*								
MLVreli								,554*	,575*	-,506*								
MLVmm					,732*			-,760*		,769*						,766*	-,782*	,964*
Verlag	1,000**																	

**Tabelle 3:**

Korrelationskoeffizienten der Untersuchungsgruppe mit Wurzelresorption



= Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt)



= Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt)

	ResIII OPG	ResIII ZF	FoBr OPG	FoBr ZF	Obite	MLV reli	GTyp	GAT	Rtrans	Rvert	UniBi	Zahn	Dauer	Angle	Unterz	Res2 OPG	Sekt
ANB								-,454*									
Tiefe									,681**								
MLNL					-,391				-,495*								
ZF							,561*			-,491*							-,585*
a													-,618				
b											-,483*						
DN													,618*				
d <sub>3</sub>													-,691*				
WL3OPG															-,681*		
WL2OPG											-,533						
d <sub>2</sub>													-,630*				
WL2ZF												-,750*					
Res2OPG									-,550*								
ResIIIOPG		1,000**															
FoBrOPG				,720*													
FoBrZF										-,544*							
FoFoOPG			,555*					,545*									
LDZF			-,493*														
Deckb					-,577*				-,522*						-,522*	,561*	
Ojet	,617*	,696*															
MLV						-,894**											
App												1,000**		-,447			
Alter								,499*							-,570**		

**Tabelle 3:**  
Korrelationskoeffizienten der Untersuchungsgruppe mit Wurzelresorption



= Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt)



= Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt)

	FoFoOPG	FoFoZF	Deckb	LDOPG
FoFoZF	,671*			
Verlag	,537*	1,000**		
Res2OPG			,561*	
FoBrOPG				-,493*
Alter	,442*			
Obite			-,577*	

**Tabelle 3:**

Korrelationskoeffizienten der Untersuchungsgruppe mit Wurzelresorption



= Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt)



= Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt)

Die Wurzellänge des verlagerten Eckzahnes lässt allerdings nur eine positive signifikante Korrelation zu den Strecken  $d_1$  und  $d_2$  zu, eine negative zu dem Winkel  $\delta$ . Somit nimmt die Wurzellänge zu, je entfernter der Eckzahn von den Referenzlinien ist bzw. je verlagert er sich im FRS darstellt.

Die Follikelform des verlagerten Eckzahnes zeigt im OPG eine nur mittelstarke signifikante Korrelation zu der Wurzellänge desselben und zum Geschlecht auf, allerdings eine starke signifikante Korrelation zu der Strecke  $d_2$  ( $r = 0,597^{**}$ ). Negativ korreliert ist sie mit dem Winkel  $\delta$ .

Demnach wird die Form des Follikels bei Zunahme der Wurzellänge desselbigen, beim weiblichen Geschlecht, bei zunehmender Verlagerung und Entfernung der Eckzahnschmelzspitze irregulärer.

Die irreguläre Follikelform im Zahnfilm korreliert außerdem sehr stark und mit starker Signifikanz mit dem weiblichen Geschlecht ( $r = 1,000^{**}$ ), das heißt, irreguläre Formveränderungen sind ausschließlich bei Frauen vorzufinden.

Eine mittelstarke Korrelation lässt sich auch aus dem Overjet bezüglich der Inklination der Maxilla und Mandibula erkennen sowie eine starke Korrelation bezüglich des ANB-Winkels.

So nimmt der Overjet in der Untersuchungsgruppe mit Resorptionen bei posteriorer Rotation der Maxilla als auch der Mandibula zu. Gleichfalls besagt die positive Korrelation zum ANB-Winkel, dass der Abstand der Inzisiven in der Sagittalen bei Tendenz zur Distallage des Unterkiefers zum Oberkiefer zunimmt.

Die Richtung der Mittellinienverschiebung korreliert positiv mit dem Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , sowie negativ mit dem Winkel nach Dausch-Neumann.

Das Ausmaß der Verschiebung korreliert wiederum negativ mit dem Winkel  $\alpha$ , demzufolge positiv mit dem Winkel nach Dausch-Neumann.

Daraus ergibt sich eine Mittellinienverschiebung nach links bei zunehmenden Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$ , also bei zunehmender Verlagerung des linken Eckzahnes, wobei die Distanz der Mittellinienverschiebung bei im OPG steiler stehenden Eckzähnen zunimmt.

Die Mittellinienverschiebung selbst zeigt eine stark negative und signifikante Korrelation zur Richtung der Verschiebung auf.

Dies ist durch die Tatsache zu erklären, dass bei 50% der Patienten keine Mittellinienverschiebung und somit auch keine Angabe zur Richtung der Verschiebung vorliegen.

In der Resorptionsgruppe findet sich bei Frauen keine Verlagerung von anderen Zähnen.

Interessant ist die signifikante negative Korrelation der Behandlungsdauer zum Winkel  $\alpha$ , der Strecke  $d_2$  und  $d_3$  sowie die positive Korrelation zum Dausch-Neumann-Winkel. Somit sinkt die Behandlungszeit mit zunehmendem Grad der Verlagerung und zunehmendem Abstand der Eckzahnspitze von den Bezugslinien.

Die Resorption des seitlichen Schneidezahnes zeigt im OPG eine signifikante Korrelation zur vertikalen Relation auf, wonach eine Resorption eher bei tiefer vertikaler Relation in dem Patientengut stattfindet.

Die Follikelform ist sowohl im OPG als auch im ZF positiv korreliert, wie bereits in der Kontrollgruppe. Die weist auf eine einheitliche Beurteilbarkeit der Röntgenaufnahmen hin.



Die Follikelbreite des retinierten Eckzahnes im OPG korreliert positiv mit der Follikelform desselben im OPG, allerdings negativ mit der Durchgängigkeit der Lamina Dura im OPG als auch im Zahnfilm.

Hieraus ist erkennbar, dass sich bei irregulärem Follikel auch dementsprechend die Breite verändert. Nimmt die Breite zu, ist auch die Lamina Dura des Lateralen häufig nicht durchgängig erkennbar.

Wie bereits in der Kontrollgruppe stellt sich der Deckbiss in positiver Korrelation zum Overbite dar, was letztendlich der Definition des Deckbisses entspricht. Allerdings ergibt sich auch eine signifikante Korrelation zur Resorption des Lateralen, da sich bei bestehender Resorption der Patientenanteil mit Deckbiss erhöht.

Die Behandlungsapparatur ist sehr stark und mit starker Signifikanz mit dem verlagerten Zahn korreliert.

Daraus ergibt sich als bevorzugte Behandlungsmethode bei bilateraler Verlagerung die Eingliederung des verlagerten Eckzahns mittels Plattentherapie, beziehungsweise bei unilateraler Verlagerung mittels Multibrackettapparatur.

Im Patientengut mit Resorptionen wird eine Korrelation zwischen dem Alter der Patienten und dem Entwicklungsgrad der Eckzahnwurzel nach dem GAT-Stadium deutlich, wodurch ersichtlich wird, dass eine regelgerechte Entwicklung des Eckzahnes zum physiologischen Alter der Patientengruppe stattfindet.

Andere Verlagerung sind sowohl mit der Follikelform im OPG, besonders aber auch im ZF korreliert. Hiermit treten Verlagerungen anderer Zähne kaum bei irregulär geformten Follikeln auf.

### ***5.2.3 Korrelationskoeffizienten des gesamten Patientengutes***

Bei der Prüfung der Korrelationen der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe gemeinsam ergibt sich, wie bei der jeweiligen Patientengruppe allein, eine positive Korrelation der Inklination der Maxilla zur Mandibula ( $r= 0,786^{**}$ ), sowie eine negative Korrelation der Gesichtstiefe zum MLNL-Winkel. Bei der gemeinsamen Prüfung korreliert ebenso wieder das Alter mit dem Entwicklungsgrad des verlagerten Eckzahnes.

Wie bei der Resorptions- und Vergleichsgruppe zeigt sich eine stark positive und sehr signifikante Korrelation des Winkels  $\alpha$  zu den Winkeln  $\beta$  ( $r= 0,923^{**}$ ) und  $\gamma$ . Der Winkel  $\delta$  und der Winkel nach Dausch-Neumann, die stark positiv untereinander korrelieren, weisen eine stark negative Korrelation mit den Winkeln  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  ( $r= - 0,991^{**}$ ;  $r= - 0,905^{**}$ ;  $r= - 0,423^{**}$ ) auf.

Wie bei den Korrelationen zuvor sind die Strecken  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  sowohl zueinander als auch mit den Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  positiv, mit dem Winkel  $\delta$  und dem Winkel nach Dausch-Neumann negativ korreliert.

Eine positive Korrelation lässt sich zwischen der Sektorenunterteilung und den Winkeln  $\alpha$  und  $\gamma$  erkennen, eine negative zu dem Winkel nach Dausch-Neumann.

Die Wurzellänge des seitlichen Schneidezahns ist positiv mit der Resorption des desselbigen im Zahnfilm als auch im OPG korreliert. Dies besagt allerdings lediglich, dass bei Vorliegen einer Resorption des Lateralen die Wurzellänge des Zahnes abnimmt.

Die Wurzellänge des Lateralen zeigt zusätzlich eine stark positive Korrelation im Zahnfilm und im OPG ( $r= 0,891^{**}$ ) auf, welche nur die Richtigkeit der Längenmessungen bestätigt.

Ebenso sind die Wurzellänge des verlagerten Eckzahns im OPG und ZF positiv signifikant korreliert.

Des Weiteren besteht eine negative Korrelation der Wurzellänge des seitlichen Schneidezahns im ZF und im OPG mit der Strecke  $d_2$ , was bedeutet, dass in beiden Patientengruppen bei Zunahme der Entfernung der Eckzahnspitze zur Nasallinie die Wurzellänge des Lateralen abnimmt.

Die Strecke  $d_2$  weist ihrerseits eine positive Korrelation zu der Follikelform im ZF und im OPG auf.

Daraus ist erkennbar, dass die Follikelform irregulärer wird je weiter entfernt der Eckzahn von der Bezugslinie ist, also je impaktierter er ist.

Sowohl Overjet als auch Overbite zeigen eine positive Korrelation gegenüber dem Winkel ANB, das heißt, dass bei stärker ausgeprägter Distallage des Unterkiefers zum Oberkiefer dementsprechend auch der Abstand der Oberkieferinzisiven zu den Unterkieferinzisiven in der Sagittalebene zunimmt. Zudem ist der Overbite negativ mit einem bestehenden Deckbiss korreliert, da auch dementsprechend der Überbiss der Oberkieferschneidezähne über die Unterkieferschneidezähne bei einem vorliegenden Deckbiss zunimmt.

	Res2er	Alter	Sex	InklMax	InklMand	ANB	Tiefe	UniBi	App	a	b	DN	d	g	d <sub>1</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>
InklMand				,786**													
MLNL							-,598**										
Zahn									,451**								
Gat3er		,502**															
a											,923**	-,991**	-,584**	,413**	,584**	,507**	,479**
b												-,905**	-,494**		,580**	,518**	,419**
DN													,585**	-,423**	-,572**	-,498**	-,477**
d <sub>1</sub>																	-,387**
d <sub>3</sub>																	
d <sub>2</sub>																	-,590**
WL2OPG	,492**																
WL2ZF	,610**							-,408**									
WL3ZF																	
Res2ZF	,599**																
Sektor										,425**		-,429**		,416**			
FBrZF					,421**												
FFoOPG																	,405**
FFoZF					,397**												,418**
LDZF			,424**														
Ojet						,508**											
Obite						,489**											
MLVmm			-,392**														

**Tabelle 4:**

Korrelationskoeffizienten der Untersuchungs- und Kontrollgruppe mit und ohne Wurzelresorption



= Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt)



= Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt)

	WL3OPG	WL2OPG	WL3ZF	PersIII	ResIIIOPG	FBrOPG	FBrZF	FFoOPG	Deckb	MLV	MLVreli
InklMand							,421**				
d <sub>2</sub>		-,457**						,405**			
WL3OPG			,476**								
WL2ZF		,891**	,501**								
WL3ZF	,406**										
ResIIIOPG				-,812**							
ResIIIZF				-,732**	,913**						
FBrZF						,519**					
FFoOPG						,524**					
FFoZF							,533**	,723**			
Obite									-,519**		
MLVreli										-,913**	
MLVmm											-,406*

**Tabelle 4:**

Korrelationskoeffizienten der Untersuchungs- und Kontrollgruppe mit und ohne Wurzelresorption



= Korrelationskoeffizienten nach Kendall (nicht normalverteilt)



= Korrelationskoeffizienten nach Pearson (normalverteilt)

Die Persistenz des Milcheckzahns erweist sich bei gleichzeitiger Resorption im OPG und im ZF als stark positiv und signifikant korreliert. Persistiert also ein Milcheckzahn, so nimmt gleichzeitig in beiden Untersuchungsgruppen die Wurzelresorption desselbigen zu.

Die Resorption des Milcheckzahns ist zusätzlich im ZF als auch im OPG positiv korreliert.

Die Follikelbreite zeigt eine signifikante positive Korrelation im ZF und im OPG auf, genauso wie die Follikelform ( $r= 0,723^{**}$ ;  $r= 0,519^{**}$ ). Dadurch bestätigen sich die Untersuchungsergebnisse beider Variablen in den verschiedenen Röntgenaufnahmen.

Im OPG und im ZF sind ebenso Follikelform- und breite korreliert.

Demzufolge nimmt auch der Follikeldurchmesser zu, je irregulärer der Follikel geformt ist.

Eine vorhandene Mittellinienverschiebung stellt sich als stark negativ und sehr signifikant korreliert mit der Richtung der Verschiebung dar ( $r= - 0,913^{**}$ ).

Dies ergibt sich dadurch, dass bei einem Großteil des Patientengutes keine Mittellinienverschiebung vorliegt und somit zur Richtung der Verschiebung keine Angabe gemacht werden kann.

Die Verschiebung selbst zeigt ihrerseits eine negative Korrelation zum Ausmaß der Verschiebung. Dies bedeutet, wenn eine Mittellinienverschiebung vorliegt, dass die Strecke dieser Verschiebung in Millimetern bei den Patienten groß ist.

## **6 Diskussion**

### **6.1. Interpretation der Ergebnisse**

Im Rahmen dieser retrospektiven randomisierten Studie wurden 69 Patienten mit palatinaler Eckzahnverlagerung untersucht. Bei 16 Patienten ließ sich eine Resorption des seitlichen oder zentralen Schneidezahnes feststellen, welche die Untersuchungsgruppe bildeten. Dieser wurde eine Kontrollgruppe bestehend aus den restlichen 53 Patienten ohne erkennbare Resorptionen der Schneidezahnwurzeln gegenübergestellt.

#### ***6.1.1 Diskussion der Unterschiede zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe***

Wie bereits aus der Literatur deutlich hervorgeht, ist die palatinale Eckzahnverlagerung signifikant häufiger bei Frauen als bei Männern vorzufinden [60] (Literaturübersicht s.S.5).

Das Verteilungsspektrum liegt hier bei 1:1,3 bis 1:3,2.

Die Literatur geht davon aus, dass beim weiblichen Geschlecht eine genetische Prädisposition zur Eckzahnverlagerung besteht.

Somit ist auf Grund der Häufigkeitsverteilung anzunehmen, dass auch die Wahrscheinlichkeit einer Resorption der Schneidezahnwurzeln beim weiblichen Geschlecht steigt.

In der Untersuchungsgruppe mit Wurzelresorptionen sind 93,8% weiblichen Geschlechts, wohingegen nur 6,2% Männer Läsionen der Nachbarzahnwurzeln aufweisen.

In der Kontrollgruppe zeigt sich die geschlechtliche Verteilung gemäßiger, aber auch hier überwiegt der Literatur entsprechend der Frauenanteil (64,2%).

Ebenso weist die Resorptionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ein signifikant erhöhtes Vorliegen einer bilateralen Retention auf (56,3%), zu welcher auch eine genetische Prädisposition der Literatur zu Folge bestehen soll [59].

Der Metaanalyse zahlreicher Autoren zufolge [4] [15] [22] [53] [55] [57] [60] [61] [62] [73] (Literaturübersicht s.S.5) liegt die Prävalenz einer bilateralen Verlagerung der Eckzähne bei 17% bis 45%.

So zeigt auch die Kontrollgruppe vorwiegend ein unilaterales Vorkommen der Eckzahnretention (73,6%).

Hieraus lässt sich folgern, dass bei zunehmender Komplexität und zunehmenden Schweregrad der Verlagerung, entsprechend der bilateralen Retention, häufiger Resorptionen anzutreffen sind. Ebenso scheint auch bei dieser Variablen deutlich zu werden, dass die genetische Prädisposition zu einer Eckzahnverlagerung entscheidenden Einfluss auf die Resorptionswahrscheinlichkeit hat.

Es stellt sich natürlich auch die Frage, ob bei bilateraler Retention, neben dem genetischen Aspekt, auch eine enge Lagebeziehung zwischen dem verlagerten Zahn und den Frontzähnen dafür verantwortlich sein kann. In Anbetracht der folgenden Untersuchungsergebnisse scheint vieles für einen Platzmangel im Sinne von engen nachbarschaftlichen Verhältnissen zwischen verlagertem Eckzahn und benachbarter Schneidezahnwurzel in der Untersuchungsgruppe zu sprechen.

Sowohl der Abstand der Eckzahnspitze zur Kauebene im OPG ( $d_1$ ) und im FRS ( $d_2$ ) als auch der Abstand der Eckzahnspitze zur Verbindungslinie der mesiobukkalen Höckerspitzen der 6-Jahresmolaren ( $d_3$ ) erweisen sich in der Untersuchungsgruppe als signifikant erhöht.

Demzufolge scheinen die Eckzahnspitzen in der Untersuchungsgruppe durch eine höhere, kranialere Verlagerung im Alveolarknochen vermehrt Resorptionen zu verursachen. In der Kontrollgruppe zeigt sich die Entwicklung der Eckzahnspitze in Richtung Kauebene wohl weiter fortgeschritten, wobei der Eckzahn zu einem späteren Zeitpunkt in seiner weiteren Eruption gehemmt wird, so dass er nicht mehr in der Lage ist, in dieser Position die Wurzelspitzen zu resorbieren.

Fraglich bleibt, ob in dieser Position aber laterale oder palatinale Wurzelresorptionen stattfinden, welche sich dann zu einem späteren Zeitpunkt als apikale Resorptionen

darstellen. Dies ist allerdings nur mit CT-Schichtaufnahmen zu einem früheren Zeitpunkt zu diagnostizieren.

So konnte in computertomographisch gestützten Studien [19] [20] festgestellt werden, dass 12 % der Patientenfälle mit ektopisch durchbrechenden Eckzähnen Resorptionen des benachbarten Schneidezahns aufweisen. Ein Großteil der Läsionen ist in diesen Untersuchungen bukkal oder palatinal im mittleren Wurzeldrittel lokalisiert, wobei die distale periodontale Kontur der Wurzel erhalten bleibt. Somit sind diese Läsionen in periapikalen Aufnahmen zumeist nicht darstellbar oder bleiben durch Überlagerungen des Eckzahns verborgen.

Vergleichswerte bezüglich des Abstands der Eckzahnspitze zur Kauebene liefern *Ericson und Kurol*, die ebenso einer Untersuchungsgruppe mit durch Eckzahnverlagerung ausgelösten Resorptionen der benachbarten Schneidezahnwurzeln eine Kontrollgruppe gegenüberstellten, die einen ektopischen Durchbruchweg des Eckzahns, jedoch ohne Resorptionen an den benachbarten Lateralen, aufwiesen.

So zeigt sich in der hier durchgeführten Studie der Eckzahn in der Untersuchungsgruppe durchschnittlich kranialer verlagert (Mean  $d_1$ = 20,4 mm, Mean  $d_2$ = 13,3 mm) als bei oben genannten Autoren (Mean  $d_1$ = 14,1 mm, Mean  $d_2$ = 10,7mm). In der Kontrollgruppe weichen dagegen die hier festgestellten Meßergebnisse (Mean  $d_1$ = 16,7 mm, Mean  $d_2$ = 9,5 mm) weniger stark von einander ab (Mean  $d_1$ = 16,6 mm, Mean  $d_2$ = 11,4 mm).

Allerdings sind in der vorher genannten Studie von *Ericson und Kurol* auch bukkale Verlagerungen mit inbegriffen, die sich somit für diese Abweichungen der Meßergebnisse verantwortlich zeigen können.

Letzendlich lässt sich aus der kranialeren Verlagerung schließen, dass höher verlagerte Eckzähne dementsprechend früher in ihrer Eruption gehindert worden sind und sie somit gleichzeitig einen größeren Verlagerungsgrad aufweisen, da ihnen jegliche Möglichkeit der „Aufrichtung“ verwehrt wurde.

Auch nach anderen Studien [66] scheint ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen Abstand der Eckzahnspitze zur Kauebene und dem Verlagerungsgrad des Eckzahns zu bestehen, so dass mit Abweichungen von der normalen Angulation gleichzeitig die Vertikalbewegung Eckzahns eingeschränkt ist.



Allerdings zeigt der Grad der Eckzahnverlagerung, bestimmt durch die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  und den Winkel nach Dausch-Neumann, erstaunlicherweise keinen so großen Einfluss auf die Resorption der Wurzel des seitlichen Schneidezahns wie vermutet, da diesbezüglich keine hoch signifikanten Unterschiede zwischen der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe festgestellt werden können.

Dagegen deutet der Winkel  $\alpha$  sowohl in der Untersuchungs- als auch in der Kontrollgruppe (Mean  $\alpha_U = 40,1^\circ$ , Mean  $\alpha_K = 36,1^\circ$ ) im Vergleich zu den retinierten Eckzähnen bei Ericson und Kuroi [12] (Mean  $\alpha_U = 29,5^\circ$ , Mean  $\alpha_K = 18,6^\circ$ ) auf eine deutlich ausgeprägtere Verlagerung hin. Dementsprechende Unterschiede zeigen sich beim Winkel  $\beta$  (Mean  $\beta_U = 48,3^\circ$ , Mean  $\beta_K = 43,7^\circ$ ) zu der vorgenannten Studie (Mean  $\beta_U = 39,1^\circ$ , Mean  $\beta_K = 31,1^\circ$ ).

Beim Winkel  $\gamma$  liegt der hier gemessene Durchschnittswert (Mean  $\gamma_U = 21,4^\circ$ , Mean  $\gamma_K = 28,9^\circ$ ) allerdings unterhalb der Vergleichswerten (Mean  $\gamma_U = 34,5^\circ$ , Mean  $\gamma_K = 16,6^\circ$ ), woraus sich auf eine in diesem Patientengut eher sagittale Verlagerung des Eckzahns in der Horizontalebene schließen lässt.

Auch der Überlagerungsgrad der verlagerten Eckzahnkrone über die Wurzeln der Inzisiven (Sektorenunterteilung) scheint in dieser Studie mit den Resorptionen nicht so eng korreliert zu sein, wie offensichtlich angenommen. So sind in der Untersuchungsgruppe nur 25% der verlagerten Eckzähne in den Sektoren 1 – 3 vorzufinden. Bei *Ericson und Kuroi* [12] sind es hingegen 65%. Abweichend davon befinden sich in der Kontrollgruppe erstaunlicherweise sogar 41,2% in den Sektoren 1 – 3, im Vergleich zu 28% bei oben genannter Autorengruppe. Somit zeigt sich die prozentuale Verteilung der verlagerten Eckzähne in den Sektoren 1 – 3 genau spiegelbildlich wie angenommen.

Das heißt, dass demzufolge der Schweregrad der Verlagerung, gemessen am Grad der Verlagerung des Eckzahnes und der Überlagerung über die Schneidezahnwurzeln, nicht allein die Relevanz einnimmt wie erwartet, sondern bezüglich der Resorption andere Faktoren in den Vordergrund treten.

Es scheint natürlich verständlich, dass die Wurzellänge des seitlichen Lateralen in der Untersuchungsgruppe mit Wurzelresorptionen sowohl im ZF als auch im OPG signifikant kürzer ist als in der Kontrollgruppe.

Dies mag zum einen natürlich an den Resorptionen per se liegen.

Zum anderen ist zu hinterfragen, ob diese resorbierten Wurzeln nicht bereits vorher eine geringere Wurzellänge aufwiesen und dadurch im Vergleich zur Kontrollgruppe eine stärkere und schwierigere Verlagerung bedingt und somit erst die Resorptionen begünstigt haben.

Dies würde die Guidancetheorie erklären, nach der zufolge dem Eckzahn die Leitschiene zur Aufrichtung durch verkürzte Wurzeln, wie bei hypoplastischen Zähnen oder Zapfenzähnen, fehlt. Nur fallen hier lediglich die Wurzeln des Schneidezahns deutlich kürzer als regulär aus, wobei sich die Schneidezahnkronen normal darstellen, da bezüglich Zapfenzähnen oder anormal geformten Schneidezähnen keine Signifikanzen feststellbar waren ( $p= 0,958$ ).

Ein weiterer Erklärungsansatz besteht in einer relativ späten Ausprägung und Entwicklung sowohl der Wurzelspitzen als auch des Zahnes selbst (*dentitio tarda*), wodurch dem Eckzahn, ebenso wie bei Aplasie oder Hypoplasie der Schneidezähne, die Nachbarzahnwurzel als Leitschiene fehlt.

Die Autorengruppe um *Becker* sieht ebenfalls in der *dentitio tarda* ein Hauptmerkmal der palatinalen Eckzahnverlagerung. Des Weiteren ist der klassische Patient mit palatinaler Eckzahnverlagerung weiblich, wobei speziell die seitlichen Schneidezähne kleiner als gewöhnlich sind, die Zahnbögen ansonsten aber gut ausgeformt sind und leichten Engstand aufweisen [2].

Andere Autoren konnten dagegen in einer Studie bei palatinaler Eckzahnverlagerung mit Resorptionen an den benachbarten Schneidezähnen häufig einen fortgeschritteneren dentalen Entwicklungszustand feststellen, während die Kontrollgruppe mit palatinaler Eckzahnverlagerung ohne Resorptionen an den Nachbarzähnen einen regulären Entwicklungsstand aufweisen [20].

In der Untersuchungsgruppe ist dementsprechend die Zahl der Resorptionen an den Lateralen höchst signifikant ( $p= 0,0001$ ) erhöht (Mean= 1,00), wobei sich dies nur auf den Zahnfilm bezieht, nicht aber auf das OPG.

Demnach sind nicht alle im detailtreuen ZF vorliegenden Resorptionen auch im OPG zu erkennen. Das liegt sicherlich daran, dass das OPG durch eine geringere Detailschärfe, häufigere Überlagerungen und Verschattungen gekennzeichnet ist, wodurch sich Resorptionen, besonders im Anfangsstadium, nicht diagnostizieren lassen und sich die Wurzellänge des Lateralen im OPG nur als relativ kurze Wurzel zeigt, ohne offensichtliche Zeichen einer Resorption aufzuweisen.

Auch die Wurzellänge des verlagerten Eckzahnes zeigt sich in der Untersuchungsgruppe im ZF verkürzt.

Eine Möglichkeit besteht in einer noch eher sagittalen Ausrichtung des verlagerten Eckzahns im Vergleich zur Kontrollgruppe, wodurch die Wurzel in der Röntgenaufnahme gestaucht erscheint. Dies bestätigen die Meßergebnisse des Winkels  $\gamma$ , der in der Untersuchungsgruppe  $21,4^\circ$ , in der Kontrollgruppe jedoch schon  $28,9^\circ$  beträgt.

Wird der Eckzahn nämlich schon frühzeitig in seiner Eruption gehemmt, verbleibt er näher an seinem Entstehungsort. Er befindet sich zunächst zwischen Sinus Maxillaris, Orbitaboden und Nasenhöhle, um im kurvenförmigen Verlauf zur Kauebene durchzubrechen [37]. Hierbei verharrt der Eckzahn in seiner Sagittalposition im Zwischenstadium und kann sich nicht mehr aufrichten. Dies bestätigt auch eine Studie von *Stahl et al.* [66], in der ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen Verlagerungswinkel und Abstand hergestellt werden konnte. Demnach ist mit Abweichung von der normalen Angulation gleichzeitig die Vertikalbewegung des Eckzahns eingeschränkt.

Eine weitere Möglichkeit besteht in einer gehemmten Entwicklung der Eckzahnwurzel.

Im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Resorptionen wird der Eckzahn in seiner Eruption früher durch die Wurzeln des Lateralen gestoppt, bei denen er durch seinen Eruptionsdrang und –kraft Resorptionen auslöst, aber dennoch in dieser Position verharrt und es eventuell dadurch zu keiner kompletten Ausbildung seiner Wurzellänge auf Grund räumlichen Platzmangels kommt.

Entsprechend diesem Erklärungsansatz der Resorption sehen auch andere Autoren in der Läsion der benachbarten Schneidezahnwurzeln sowohl einen Effekt der Impaktion oder Retention als auch der dynamischen Eruption durch physikalischen Druck [16].

In der Untersuchungsgruppe zeigt sich die Follikelform des verlagerten Caninus im OPG signifikant irregulärer geformt als in der Kontrollgruppe. Allerdings weist die Follikelbreite weder im ZF noch im OPG signifikante Unterschiede auf. So lässt sich in der Untersuchungsgruppe eine durchschnittliche Follikelbreite von 2,5 mm im OPG und 2,0 mm im ZF messen, während in der Kontrollgruppe ein Mittelwert von nur 2,1 mm im OPG und 1,8 mm im ZF zu notieren ist. Einen Vergleichswert der

durchschnittlichen Follikelbreite bei ektopisch durchbrechenden Eckzähnen liefern wiederum *Ericson und Bjerklin* [13], die in ihrer computertomographisch gestützten und somit genaueren Studie einen Durchschnittswert von 2,9 mm festhalten konnten. Wie in der Literatur vielfältig beschrieben, kommt es bei der Eruption und auch bei der Retentionen zu hormon- und wachstumsbedingten zellulären Veränderungen des Follikels, denen zu Folge sich Follikelform und -größe verändern [51] [52].

Ebenso wurde in anderen Untersuchungen erkannt, dass bei harten Geweben z.B. einer starken Kompakta oder dem Vorhandensein einer benachbarten Wurzel die Follikel dazu neigen, sich nicht symmetrisch zu entwickeln, sondern irreguläre Formen anzunehmen. Bei weichen Geweben hingegen erfolgt eine reguläre Formentwicklung des Follikels [13].

Auch zystische Degenerationen der Follikel sind in anderen Untersuchungen bezüglich der Eckzahnverlagerung diagnostiziert worden, bei denen allerdings keine Symptome oder Folgen des zystischen Prozesses, wie Verdrängen des Nachbarzahns, feststellbar waren.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie zeigt sich aber, dass bei resorbierenden Prozessen die Follikelform doch anscheinend darauf einen Einfluss hat.

Es besteht die Möglichkeit, dass der Follikel, der auch während der Eruption die Resorption des Alveolarknochens und des Milcheckzahns steuert, um dem Eckzahn einen Durchbruchweg vorzugeben [50] [51] [52] [65], bei engen räumlichen Gegebenheiten, wie der direkt benachbarten Schneidezahnwurzel, die Hartgewebe nicht differenzieren kann und auch die Nachbarwurzel wie Alveolarknochen resorbiert, um einen Durchbruchweg vorzugeben.

Dies scheint auch daher wahrscheinlich, da zwischenzeitlich die alveoläre Barriere zum benachbarten Schneidezahn resorbiert wird [16] [17], wobei die natürliche Schutzschicht aus Zementoblasten und Kollagenfasern verloren geht und die freie Wurzeloberfläche den Dentinoklasten zugänglich wird [17] [41].

Dies steht allerdings im Gegensatz zu anderen Untersuchungen um die Autorengruppe um *Becker* [2], die nicht davon ausgehen, dass degenerative Veränderungen des Follikels, die während dem Durchbruch und bei einer Verlagerung auftreten können, Resorptionen verursachen.

### **6.1.2 Diskussion der Korrelationskoeffizienten der Patienten ohne Wurzelresorptionen**

Bei der Kontrollgruppe korreliert das GAT-Stadium des verlagerten Eckzahns, wobei ausschließlich die Entwicklung des letzten Wurzeldrittels und der Verschluss des Apex beobachtet werden, mit dem Alter des Patienten. Dies deutet auf eine altersentsprechende, regelgerechte Entwicklung des Zahnes ohne Komplikationen hin.

Da der MLNL-Winkel negativ mit der Gesichtstiefe korreliert ist, reduziert sich bei kleiner werdendem Winkel ebenfalls die Tiefe.

Dies kann schon ein Kriterium für einen möglichen Deckbisscharakter des Patientengutes sein, welcher generell durch einen bestehenden Platzüberschuss die Eckzahnretention begünstigt und der sowohl in der Vererbungs- als auch in der Guidancetheorie als prädisponierender Faktor für die Eckzahnverlagerung erachtet wird.

In der Kontrollgruppe ergibt sich eine positive Korrelation für Ober- und Unterkieferinklination, die, obwohl im Patientengut zumeist nicht erfassbar, aber häufig beide anterior rotiert sind.

Die stark positive Korrelation der Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  scheinen definitionsgemäß plausibel. Vergrößert sich im OPG der Winkel zwischen Eckzahn und Mittellinie der Inzisiven (Winkel  $\alpha$ ), vergrößert sich ebenso der Winkel zwischen Eckzahn und Zahnachse des Lateralen (Winkel  $\beta$ ), ebenso wie der Winkel zwischen Eckzahn und der Mittellinie des Gaumens (Winkel  $\gamma$ ). Da bei dem Winkel  $\delta$  und dem Winkel nach Dausch-Neumann die Referenzlinie einmal die Nasallinie im FRS, das andere Mal eine Verbindungslinie der Oberkiefermolaren im OPG darstellt, nehmen diese Winkel automatisch bei zunehmendem Maße der Verlagerung ab, während die oben genannten Winkel zunehmen. Dadurch korrelieren diese Winkel stark negativ. Diese allesamt stark positiven und stark negativen Korrelationen beweisen die Richtigkeit und Genauigkeit der Winkelvermessungen.

Gleichermaßen verhält es sich mit den Strecken  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$ , die stark positiv korreliert sind und den Abstand der Eckzahnspitze zu Referenzlinien im OPG und FRS beschreiben.

Liegt bei dem Patienten der Eckzahn offensichtlich noch weiter kranial im Alveolarknochen, ist seine Distanz zu den Referenzlinien im OPG und FRS natürlich deutlich erhöht.

Interessanterweise ist die Strecke  $d_1$  stark positiv mit den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  korreliert. Hieraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass, je weiter der retinierte Eckzahn von der Kauebene entfernt ist, auch der Grad der Verlagerung zunimmt, also stark sagittal verlagerte Eckzähne schon relativ früh in ihrer Eruption gehemmt werden und erst gar nicht das Stadium der Aufrichtung für den weiteren Durchbruch erreichen. Dieser statistisch gesicherte Zusammenhang zwischen Verlagerungsgrad des Eckzahns und Abstand zur Kauebene konnte bereits in einer anderen Studie aufgezeigt werden [66].

In der Kontrollgruppe weist der Überlagerungsgrad der Eckzahnspitze über die Wurzeln der Inzisiven (Sektorenunterteilung) eine stark positive Korrelation zu den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  und somit eine stark negative Korrelation zu dem Dausch-Neumann-Winkel auf. Somit zeigt sich eine distalere Verlagerung der Eckzahnkrone bezüglich der Wurzeln der Inzisiven bei gleichzeitig zunehmendem Verlagerungsgrad des Caninus, wodurch weniger Berührungsflächen für mögliche Resorption vorhanden sind.

Dass die Resorption des Lateralen im OPG zunächst positiv mit der Follikelform des Eckzahns im Zahnfilm korreliert ist, scheint in der Untersuchungsgruppe zunächst verwunderlich, bedeutet allerdings lediglich, dass die Form des Follikels bei den nicht resorbierten Zähnen zumeist irregulär ist.

Dies scheint einleuchtend, da wie bereits oben erwähnt, die Veränderung der Follikelform häufig auf die Nähe harter Gewebe, also der Schneidezahnwurzel, zurückzuführen ist, da sich dort der Follikel nicht symmetrisch entfalten kann [13]. Diese direkte räumliche Nähe zwischen Follikel und Zahnwurzel scheint auch in der Kontrollgruppe gegeben zu sein und kann als Indikator für eine enge Lagebeziehung gewertet werden.

Die Follikelform und -breite zeigt sich sowohl im OPG und FRS als auch untereinander positiv korreliert.

Daraus ist erstens zu entnehmen, dass bei vergrößerten/normalen oder irregulär/regulär geformten Follikeln sich diese Veränderungen einheitlich sowohl im

OPG als auch im ZF erkennen lassen und dies somit für die Genauigkeit der Diagnostik spricht.

Zweitens ist daraus erkennbar, dass in der Kontrollgruppe, wie oben bereits aufgezeigt, die Follikelform zumeist irregulär ist und demnach auch der Follikel vergrößert zu sein scheint. Hieraus lässt sich schließen, dass ein enger Kontakt oder ein räumlicher Bezug zu den Schneidezahnwurzeln besteht, der eine Form- und Größenveränderung des Follikels bewirken könnte. Dies wiederum geht mit den Meinungen anderer Autoren einher [13].

Die negative Korrelation des Deckbisses mit dem Overbite gibt lediglich wieder, dass ein Deckbiss mit zunehmendem Overbite einhergeht.

Die positive Korrelation der Persistenz eines Milcheckzahns mit dem Resorptionsgrad desselbigen ist ebenso verständlich wie die Korrelation des Resorptionsgrades des Milcheckzahns im OPG und FRS.

### ***6.1.3 Diskussion der Korrelationskoeffizienten der Patienten mit Wurzelresorptionen***

Wie in der Kontrollgruppe weisen auch hier die positive Korrelation von Ober- und Unterkieferinklination als auch die negative Korrelation von Gesichtstiefe und MLNL-Winkel auf einen möglichen Deckbisscharakter der Patienten hin, der durch ein vermehrtes Platzangebot im Oberkiefer zu möglichen Eckzahnretentionen führen kann.

Auch in der Untersuchungsgruppe mit Wurzelresorptionen zeigen sich definitionsgemäß die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  untereinander positiv sowie mit dem Winkel  $\delta$  und dem Dausch-Neumann-Winkel negativ korreliert. Diese korrelieren natürlich wiederum positiv miteinander.

So ergibt sich, wie bereits oben erwähnt, bei zunehmender Verlagerung des Eckzahns eine Zunahme der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  bei einer Verkleinerung des Winkels  $\delta$  und des Winkels nach Dausch-Neumann.

Auch die Strecken  $d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  sind wieder untereinander als auch mit den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  positiv, mit dem Winkel  $\delta$  und dem Dausch-Neumann-Winkel negativ korreliert.

Daraus zeigt sich auch in der Resorptionsgruppe, dass bei zunehmendem Verlagerungsgrad, also einer sagittaleren Ausrichtung des retinierten Caninus, auch die Höhe der Retention zunimmt. Diesen statistisch gesicherten Zusammenhang zwischen Abstand zur Kauebene und Angulation des verlagerten Eckzahns stellten bereits anderer Autoren fest [66].

Schlussfolgernd ergibt sich auch hier eine frühzeitige Hinderung der Eruption und des Aufrichtens des Eckzahns, wodurch er in seiner sagittalen Lage gefangen bleibt und auch keine Kaudalbewegung erfährt.

Leider zeigt sich bezüglich dieser Variablen kein Unterschied zur Kontrollgruppe.

Die stark positive und signifikante Korrelation der Länge der resorbierten Schneidezahnwurzel mit den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  sowie den Strecken  $d_1$  und  $d_3$  lässt darauf schließen, dass die Wurzellänge des Lateralen bei zunehmender Verlagerung des Eckzahns bei bestehenden Resorptionen zunimmt.

Andere Faktoren wie das Vorliegen einer Prädisposition zur Wurzelresorption müssen daher diskutiert werden.

Des Weiteren zeigt die positive Korrelation der Wurzellänge des retinierten Eckzahns in der Resorptionsgruppe mit den Strecken  $d_1$  und  $d_2$  sowie die negative Korrelation zu dem Winkel  $\delta$ , dass auch die Wurzellänge des Caninus mit zunehmendem Grad der Verlagerung im FRS und zunehmender Distanz zur Kauebene im OPG zunimmt. Somit scheinen in der Resorptionsgruppe sowohl die Eckzahnwurzel als auch die Schneidezahnwurzel bei schwerer und höher retinierten Eckzähnen länger zu sein, wodurch sich dem verlagerten Eckzahn räumlich weniger Platz zur Eruption bietet.

Außerdem zeigt die positive Korrelation der Follikelform im OPG zu der Wurzellänge des Eckzahns, zum Geschlecht und zu der Strecke  $d_2$  sowie die negative Korrelation zum Winkel  $\delta$ , dass die Follikelform mit Zunahme der Wurzellänge desselbigen, vor allem beim weiblichen Geschlecht, bei zunehmender Verlagerung und Entfernung der Eckzahnspitze irregulärer wird. Zusätzlich zeigt die äußerst starke Korrelation der Follikelform im ZF mit dem Geschlecht, dass alle Frauen der Untersuchungsgruppe mit Resorptionen diese irregulären Formveränderungen aufweisen.

Somit scheint sich die Annahme zu verdichten, dass bei räumlich enger Lagebeziehung der Schneide- und Eckzahnwurzeln der Eckzahn frühzeitig in seiner Aufrichtungsphase gehemmt wird, wodurch er sagittaler im Alveolarknochen verbleibt, also einen größeren Verlagerungswinkel aufweist und gleichzeitig weiter von der Kauebene entfernt ist (im FRS). Durch die eingeschränkten Platzverhältnisse



und den frühzeitigen Kontakt des Eckzahnfollikels zu Hartgewebe, also der Schneidezahnwurzel, kommt es zu einer Hemmung der symmetrischen Entwicklung des Follikels, die die irreguläre Form bedingt. Wie auch aus der Literatur hervorgeht, ist das weibliche Geschlecht deutlich häufiger von Retentionen betroffen als das männliche [60] (Lit.übersicht s.S.4), was sich in dieser Studie bestätigt. Zusätzlich scheinen bei den Frauen die Verlagerungen schwerwiegender zu sein, da es, wie oben geschildert, bei allen Frauen der Untersuchungsgruppe mit Resorptionen zu irregulären Follikelformen gekommen ist, die wiederum auf eine enge Lagebeziehung schließen lassen.

Da der Overjet positiv mit der Inklination der Maxilla und Mandibula sowie dem ANB-Winkel korreliert ist, nimmt er vor allem bei posteriorer Rotation der Mandibula und der Maxilla zu, ebenso so natürlich bei ausgeprägter Distallage des Unter- zum Oberkiefers.

Die Richtung der Mittellinienverschiebung zeigt durch ihre positive Korrelation mit den Winkeln  $\alpha$  und  $\beta$  sowie der negativen Korrelation mit dem Winkel nach Dausch-Neumann, dass bei geringerem Verlagerungsgrad des Eckzahns auch keine Angabe zur Richtung der Verschiebung nach gemacht werden kann.

Interessanterweise nimmt das Ausmaß der Mittellinienverschiebung bei im OPG steiler stehenden Eckzähnen zu, da die Distanz der Mittellinienverschiebung negativ mit dem Winkel  $\alpha$  und positiv mit dem Dausch-Neumann-Winkel korreliert ist.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei einem höherem Grad der Eckzahnverlagerung der Milchzahn auf Grund geringerer Resorption seiner Wurzel länger persistieren kann, wodurch er längere Zeit seine Rolle als Platzhalter erfüllen und es zu keinen gravierenden Verschiebungen kommen kann.

Steht der Eckzahn jedoch steiler im Alveolarknochen, erfolgt die Resorption der Milchzahnwurzel altersentsprechend und kann zum Verlust der Milchzahnkrone führen, wodurch einer Mittellinienverschiebung bei bestehender Eckzahnverlagerung ohne Eruption genügend Zeit und Platz gegeben ist.

Die Mittellinienverschiebung selbst ist stark negativ und signifikant mit der Richtung derselbigen korreliert, da bei 50 % der Patienten keine Mittellinienverschiebung und somit auch keine Angabe zur Richtung der Verschiebung vorliegen. Des Weiteren wird dies auch durch das bilaterale Vorkommen der Verlagerung bedingt.

Die Resorption des Lateralen zeigt durch eine signifikante Korrelation mit der vertikalen Relation, dass Resorptionen häufiger bei tiefer vertikaler Basenrelation entstehen können. Dies wiederum spricht, wie in der Literatur, für ein gehäuftes Vorkommen der palatinalen Eckzahnverlagerung bei horizontalem Gesichtsschädelaufbau [65], also tiefer vertikaler Relation, die häufig mit einem Deckbiss assoziiert ist. Die Eckzahnretention ist ihrerseits, wie in der Vererbungstheorie geschildert, häufig mit einem Deckbiss korreliert.

In der Untersuchungsgruppe ist der Deckbiss, der auch definitionsgemäß in positiver Korrelation zum Overbite steht, tatsächlich stark signifikant mit der Resorption des Lateralen korreliert. Dadurch liegt bei den Patienten der Untersuchungsgruppe signifikant häufig ein Deckbiss vor.

Auch in der Untersuchungsgruppe ist die Follikelform im OPG und ZF positiv korreliert und spricht somit für die genaue und einheitliche Diagnostik der Röntgenaufnahmen.

Da im OPG die Follikelbreite mit der Follikelform positiv, mit der Durchgängigkeit der Lamina dura allerdings negativ korreliert ist, lässt sich daraus schließen, dass bei einem irregulär geformten Follikel, der durch einen gewissen Platzmangel bedingt zu sein scheint, ebenso dessen Breite zunimmt, wodurch häufig bei diesen engen räumlichen Beziehungen die Lamina dura der Schneidezahnwurzel nicht mehr durchgängig erkennbar ist, oder diese gar aufgelöst ist [18] [19].

Dies kann, wie auch in der Literatur beschrieben, als ein Anhaltspunkt für eine Aufhebung der alveolären Barriere zum Nachbarzahn gesehen werden, wodurch dessen Wurzeloberflächen den Dentinoklasten zugänglich wird [17] [41], die dem Eckzahn einen Durchbruchsweg durch den Alveolarknochen vorgeben wollen und dabei Resorptionen entstehen.

In der Untersuchungsgruppe stellt sich heraus, dass mit zunehmendem Verlagerungsgrad des Eckzahns und zunehmendem Abstand der Eckzahnspitze zur Referenzlinie die Behandlungsdauer sinkt, da Winkel  $\alpha$ , die Strecken  $d_1$  und  $d_2$  sowie der Dausch-Neumann-Winkel positiv bzw. negativ korreliert sind.

Dies kann für eine intensivere Behandlung des retinierten Eckzahnes oder sogar für eine schnellere OP-Entscheidung bei stärker verlagerten Eckzähnen und somit aussichtloseren Fällen für eine konservativen Behandlung sprechen.

Als bevorzugte Behandlungsmethode stellt sich in der Untersuchungsgruppe bei bilateraler Verlagerung die Plattentherapie zur Eingliederung des retinierten Caninus

heraus, da die Behandlungsapparatur mit starker Signifikanz mit dem verlagerten Zahn korreliert ist.

Daraus lässt sich schließen, dass bei unilateraler Verlagerung häufig eine Multibandtherapie zur Einordnung ausreichend ist, wohingegen bei bilateraler Verlagerung eine frühere, intensivere Therapie mit einem größeren Aufwand, eventuell mit operativem Eingriff und Plattentherapie, von Nöten ist.

Auch der Entwicklungsgrad der Eckzahnwurzel respektive der Verschluss des Apex nach dem GAT-Stadium korreliert positiv mit dem Alter des untersuchten Patientengutes, wodurch von einer altersgerechten physiologischen Entwicklung des retinierten Caninus auszugehen ist.

Zudem finden sich keine Verlagerungen anderer Zähne bei Frauen in der Resorptionsgruppe, die ja zu 93,8 % aus Frauen besteht, als auch bei Patienten mit irregulär geformten Follikeln, die hier zumeist vorliegen.

Dadurch wird ein Teil der Vererbungstheorie, die bei der Eckzahnverlagerung von einem multifaktoriellen Geschehen genetischen Ursprungs ausgeht, die unter anderem auch andere Verlagerungen und andere dentale Anomalien beinhaltet, in Frage gestellt [59].

#### **6.1.4 Diskussion der Korrelationskoeffizienten des gesamten Patientengutes**

Bei Betrachtung des gesamten Patientengutes zeigt sich erneut die Inklination der Maxilla und der Mandibula positiv sowie der MLNL-Winkel und die Gesichtstiefe negativ korreliert und scheinen somit durch eine niedrigere Gesichtstiefe einen Deckbisscharakter zu prädispositionieren, der wiederum die Eckzahnretention begünstigen kann.

Ebenso korreliert wieder das Patientenalter mit der Eckzahnentwicklung nach GAT. Dies spricht erneut für eine altersgerechte Entwicklung der Eckzahnwurzel respektive des Apex.

Wie bei beiden Gruppen einzeln, zeigen sich auch bei der gemeinsamen Prüfung die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  stark positiv und signifikant korreliert, gegenüber dem Dausch-Neumann-Winkel und dem Winkel  $\delta$  wiederum negativ korreliert. Auch die Strecken

$d_1$ ,  $d_2$  und  $d_3$  weisen wieder untereinander und den Winkeln  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  eine positive, dem Winkel  $\delta$  und dem Dausch-Neumann-Winkel eine negative Korrelation auf.

Auch die Sektorenunterteilung korreliert positiv mit den Winkeln  $\alpha$  und  $\gamma$ , dementsprechend negativ mit dem Dausch-Neumann-Winkel, so dass sich insgesamt feststellen lässt, dass bei zunehmender Verlagerung des Eckzahns sich die Eckzahnkrone distaler der Schneidezahnwurzeln befindet und somit weniger Kontaktflächen zwischen Eckzahnkrone und Wurzel entstehen.

Dadurch, dass die Wurzellänge des seitlichen Schneidezahns positiv mit der Resorption desselbigen korreliert ist, wird deutlich, dass bei einer apikalen Resorption die Wurzellänge auch tatsächlich abnimmt, beziehungsweise bei nicht beurteilbaren oder intakten Wurzelspitzen die jeweiligen Wurzeln auch länger sind. Hierbei sind natürlich aber keine lateralen Resorptionen der Schneidezahnwurzeln beinhaltet, da diese auch größtenteils weder im OPG noch im ZF erkannt werden können. Wie bereits von anderen Autoren beschrieben [19] [20] bedarf es zur genauen Diagnose und Lokalisation der Läsion computertomographische Schichtaufnahmen.

Des Weiteren ist die Wurzellänge des Lateralen als auch des retinierten Eckzahns im ZF und im OPG positiv korreliert, wodurch die Richtigkeit und Genauigkeit der röntgenologischen Ausmessungen deutlich werden.

Zusätzlich weist die Wurzellänge des Lateralen eine negative Korrelation zur Strecke  $d_2$  auf. Demnach nimmt in dem gesamten Patientengut die Wurzellänge des seitlichen Schneidezahns bei Zunahme der Entfernung der Eckzahnspitze zur Nasallinie ab, beziehungsweise nimmt die Länge der Schneidezahnwurzel bei geringerer Entfernung der Eckzahnspitze zur Nasallinie zu.

Daraus lässt sich schließen, dass entweder dem höher verlagerten Eckzahn durch zu kurze Schneidezahnwurzeln die Leitschiene zur Eruption fehlt, was nach der Guidancetheorie die Retention bedingt, oder die höher verlagerten Eckzähne haben bereits Resorptionen an den Schneidezahnwurzeln ausgelöst.

$d_2$  wiederum ist mit der Follikelform im ZF und im OPG positiv korreliert, da die Follikelform bei zunehmender Höhe der Retention irregulärer wird.

Dies spricht erneut für die einschränkenden Platzverhältnisse, die eine frühzeitige Retention des Eckzahns bedingen, womit ein großer Abstand der Eckzahnspitze zur Nasallinie gegeben ist, und der Follikel sich auf Grund der unmittelbaren und

einschränkenden Nähe von Hartgewebe, hier der Schneidezahnwurzel, nur irregulär und asymmetrisch entfalten kann.

Definitionsgemäß ist der Overjet mit dem ANB-Winkel positiv korreliert, der Overbite dagegen negativ mit dem Deckbiss. Das heißt, je größer der ANB-Winkel desto größer ist die Unterkieferdistallage zum Oberkiefer und je größer der Overbite desto größer ist der Überbiss der Oberkieferschneidezähne.

Insgesamt ist auch die Resorption des Milchzahns mit dessen Persistenz korreliert. Demnach nimmt bei zunehmender Persistenz auch die Resorption zu.

Diese ist durch die positive Korrelation im ZF und im OPG verifiziert.

Zudem sind Follikelform und –breite nicht nur im OPG und ZF, sondern auch untereinander positiv korreliert. Hieraus zeigt sich neben der Detailtreue und Genauigkeit der Auswertung auch eine Zunahme der Follikelbreite bei irregulär geformten Follikeln.

Dies ist erneut auf eine unzureichende und demzufolge asymmetrische Entfaltung des Follikels bei räumlicher Nähe zur Schneidezahnwurzel zu erklären.

Die stark negative und signifikante Korrelation der Mittellinienverschiebung zur Richtung der Mittellinienverschiebung ergibt sich aus der Tatsache, dass insgesamt häufiger keine Mittellinienverschiebung vorliegt und somit keine Angabe zur Richtung gemacht werden kann.

Die negative Korrelation der Mittellinienverschiebung selbst zum Ausmaß der Verschiebung besagt, dass bei einer bestehenden Mittellinienverschiebung die Strecke der Verschiebung groß ist.

Das erscheint einleuchtend, da bei einer Eckzahnverlagerung natürlich viel Platz zur Verschiebung entsteht, die die Schneidezähne nicht ohne kieferorthopädische Hilfe kompensieren können und sich dadurch Verschiebungen größeren Ausmaßes ergeben.

## **6.2 Schlussfolgerung**

Bei Betrachtung der Signifikanzen der Variablen in der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe lassen sich zwei Komplexe herausarbeiten, bei denen signifikante Unterschiede im Patientengut mit und ohne Wurzelresorptionen auffallen.

Zum einen zeichnet sich ein genetisch bedingter Komplex der Eckzahnverlagerung ab, der bei palatinaler Eckzahnverlagerung Resorptionen an den Schneidezähnen begünstigt.

In diesem fällt das erhöhte Vorkommen der Wurzelresorption beim weiblichen Geschlecht als auch bei bilateraler Retention in der Untersuchungsgruppe auf.

Beide Variablen werden in engem Zusammenhang mit der Vererbungstheorie gesehen, die in der Eckzahnverlagerung ein multifaktorielles Geschehen genetischen Ursprungs sieht. Diese besagt, dass die Eckzahnretention häufig durch genetische Anomalien begleitet wird, wie die Verlagerung oder Nichtanlage anderer Zähne, insbesondere die Hypoplasie oder Aplasie der oberen Lateralen, bilaterale Retention [59], deutliche Unterschiede in verschiedenen Populationen [37], gehäuftes intrafamiliäres Vorkommen von Aplasien und Hypoplasien, Deckbiss sowie signifikante Geschlechtsunterschiede [69]. Speziell der häufig vorliegende Deckbisscharakter des gesamten Patientengutes, in Kombination mit einer geringen Gesichtstiefe und eher horizontalem Gesichtsschädelaufbau, macht deutlich, dass bezüglich der Retention eine gewisse genetische Prädisposition bestehen muss.

Somit kann dem Eckzahn erst durch die breite apikale Basis bei einem bestehenden Deckbiss der Platz für eine palatinale Eckzahnverlagerung gegeben werden.

Zum anderen scheint ein mechanisch bedingter Komplex für die Resorption verantwortlich zu sein.

Ersichtlich wird dies aus der Tatsache, dass in der Untersuchungsgruppe der Eckzahn kranialer verlagert ist.

Somit scheint er frühzeitiger entweder durch enge nachbarschaftliche Verhältnisse zur Wurzel des seitlichen Schneidezahns oder durch eine fehlende Leitschiene in Form von zu kurzen seitlichen Schneidezahnwurzeln in seiner Eruption und auch in seiner Aufrichtung gehemmt, wodurch er in einer sagittal ausgerichteten Position gefangen bleibt.

Gleichzeitig ist die Follikelform deutlich irregulärer. Bedingt wird diese Formveränderung durch angrenzende Hartgewebe, in diesem Falle die

Schneidezahnwurzel, welche eine räumliche und symmetrische Entwicklung des Follikels verhindern [13].

Durch diese räumliche Nähe kann die alveoläre Barriere zur benachbarten Wurzel resorbiert werden, wobei die natürliche Schutzschicht aus Zementoblasten und Kollagenfasern verloren geht und die freie Wurzeloberfläche den Dentinoklasten zugänglich wird [17] [41].

So scheinen für die kranialere Verlagerung sowie die irregulärer geformten Follikel ein gewisser Platzmangel und enge räumliche Verhältnisse im Bereich des Eckzahnes und der Schneidezahnwurzel verantwortlich zu sein, welche letztendlich die Eruption verhindern und die Resorption begünstigen.

Bei Betrachtung der Korrelationen zwischen der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe wird deutlich, dass beiden Gruppen eine enge Lagebeziehung im Bereich des Eckzahnes und der seitlichen Schneidezahnwurzel gemein ist.

Dieser ergibt sich durch eine frühzeitige Hemmung der Eruption und des Aufrichtens des Eckzahns, wodurch dieser in einer kranialen sagittalen Position gefangen bleibt.

Diese räumliche Enge in Kombination mit einer angrenzenden Schneidezahnwurzel führt zu einer asymmetrischen und somit irregulären Follikelform.

Im gesamten Patientengut zeigt sich ein genereller Deckbisscharakter, begünstigt durch eine geringe Gesichtstiefe.

Der Deckbiss steht zwar im Einklang mit der Vererbungstheorie, da dieser mit einer genetischen Komponente assoziiert ist und als genetische Anomalie häufiger mit der Eckzahnretention einhergeht. Allerdings ist der Deckbiss durch einen Steilstand der Schneidezähne und somit auch durch eine breite apikale Basis gekennzeichnet und definiert, wodurch ein Platzüberschuss entsteht.

Die genetische Komponente des Deckbisses steht somit im Einklang mit den restlichen Untersuchungsergebnissen.

Die hoch signifikante Korrelation des Deckbisses mit der Resorption des benachbarten Lateralen in der Untersuchungsgruppe zeigt, dass der Deckbiss, als Symptom einer tiefen vertikalen Basenrelation, wie im gesamten Patientengut häufig vorzufinden, als eine genetische Komponente der Eckzahnverlagerung und der damit verbundenen Begünstigung der Resorption eine besondere Stellung in dieser Studie einnimmt.

Somit scheint die Resorption der seitlichen Schneidezahnwurzel durch eine hohe und sagittale Eckzahnverlagerung bei direktem Kontakt zu der Nachbarzahnwurzel durch eine räumliche enge Lagebeziehung begünstigt, wobei eine genetische Komponente in Form von tiefer vertikaler Basenrelation und damit verbundenem Deckbiss für die Eckzahnverlagerung an sich zu bestehen scheint.

Der Verlagerungsgrad selbst als auch der Überlagerungsgrad der Eckzahnkrone über die Nachbarzahnwurzeln scheinen innerhalb dieser Studie nicht, wie angenommen, den maßgeblichen Einfluss auf Resorptionen auszuüben, sondern sind vielmehr Begleiterscheinungen einer frühzeitigen Hemmung der Aufrichtung in Folge einer engen Lagebeziehung im Bereich des Eck- und Schneidezahnes.

So zeigt der Verlagerungsgrad allein, wie aus den Korrelationen ersichtlich, innerhalb der Untersuchungs- und Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede. Auch in der Kontrollgruppe erwies sich der retinierte Eckzahn häufig als stark verlagert (kleiner Dausch-Neumann-Winkel, großer  $\alpha$  – Winkel), aber wie aus der Untersuchungsgruppe ersichtlich wird, erhöht erst die Hemmung der Vertikalentwicklung durch gleichzeitige Hemmung der Aufrichtung des Eckzahns das Resorptionsrisiko.

Gleichermaßen verhält es sich mit dem Überlagerungsgrad.

Zum einen darf nicht außer Acht gelassen werden, dass der Überlagerungsgrad einem zweidimensionalen Bild entnommen wird, welches eine dreidimensionale Struktur wiedergibt und somit falsche Informationen liefern kann.

Zum anderen erhöht der Überlagerungsgrad allein nicht das Resorptionsrisiko, was aus den Korrelationen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe ersichtlich wird, da in der Kontrollgruppe sogar häufiger ein stärkerer Überlagerungsgrad festgestellt werden konnte. Gleichwohl ist er in Kombination mit einer hohen Verlagerung ein Zeugnis der räumlich engen Lagebeziehung zwischen Eckzahn und Schneidezahnwurzel und erhöht somit die Resorptionswahrscheinlichkeit.



## **7 Zusammenfassung**

Das Ziel der durchgeführten randomisierten retrospektiven Studie war es, herauszufinden, welche Faktoren in einem Patientengut mit uni- oder bilateraler palatinaler Eckzahnverlagerung (N= 69; 20 Männer/49 Frauen; Durchschnittsalter 14,93 Jahre) in der Untersuchungsgruppe (N= 16; 1 Mann/ 15 Frauen; Durchschnittsalter: 14,36 Jahre) röntgenologisch eindeutige Resorptionen an den benachbarten Schneidezahnwurzeln begünstigen können. Dieser wurde eine Kontrollgruppe mit uni- oder bilateraler Eckzahnverlagerung ohne Resorptionen an den Nachbarzähnen gegenübergestellt (N= 53; 19 Männer/34 Frauen; Durchschnittsalter: 15,102).

Zunächst galt es die Eckzahnverlagerung per se zu definieren.

Hierzu wurde auf frühere Studien zurückgegriffen [9] [45]. Ist der Winkel zwischen einer Verbindungslinie der bukkalen Höckerspitzen der 6-Jahresmolaren und dem verlagerten Eckzahn im OPG kleiner als 65 Grad, gilt der Caninus als verlagert.

Zur weiteren Beurteilung der Verlagerung erfolgten, nach Erfassung der allgemeinen Erhebungsdaten, eine röntgenologische Befundung sowie die Auswertung der Winkel und Strecken. Abschließend schloss sich die Erhebung des Erstbefundes anhand von Situationsmodellen an.

Nach der statistischen Auswertung sämtlicher Erhebungsdaten zeigten sich in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe signifikante Unterschiede. In der Untersuchungsgruppe erwies sich, der Literatur entsprechend, dass das weibliche Geschlecht signifikant häufiger von Resorptionen betroffen ist. Des Weiteren lag auch signifikant häufiger eine bilaterale Retention vor.

Diese Ergebnisse stehen mit anderen Studien als auch der Vererbungstheorie im Einklang, die in der Eckzahnretention ein multifaktorielles Geschehen genetischen Ursprungs sehen und die mit dentalen Anomalien einhergehen kann.

Speziell der Deckbisscharakter bei niedriger Gesichtstiefe und eher horizontalem Gesichtsschädelbau [65] weist auf eine genetische Komponente der Eckzahnverlagerung hin, da dieser Befund auch im gesamten Patientengut gehäuft vorzufinden war.

Zum anderen spricht der Deckbisscharakter für einen Platzüberschuss im Oberkiefer, da der Deckbiss durch eine breite apikale Basis gekennzeichnet ist, welche dem Eckzahn erst den Platz für die Verlagerung gibt.

Gleichzeitig bestand in der Untersuchungsgruppe im Front- und Eckzahngebiet ein enger räumlicher Kontakt zwischen Schneidezahnwurzel und Eckzahnkrone, was sich durch den signifikant irregulärer geformten Follikel des Eckzahnes zeigte.

Verschiedenen Untersuchungen zufolge vergrößert sich der Follikel in der Nähe umliegender Hartgewebe asymmetrisch [13], in diesem Falle der benachbarten Schneidezahnwurzel. Die signifikant kranialere Lage des Eckzahns im Oberkieferalveolarknochen zeigt, dass eine räumliche Enge im Bereich des Eck- und Schneidezahns besteht, welche zunächst die Aufrichtung als auch die Eruption des Eckzahns verhindert und keine symmetrische Follikelentwicklung zulässt.

Der Follikel, der dem Eckzahn an sich die Durchbruchsrichtung durch physiologische Resorptionsprozesse am Alveolarknochen vorgeben will, löst hierbei die alveoläre Barriere zur benachbarten Schneidezahnwurzel auf, wodurch sowohl die natürliche Schutzschicht aus Kollagenfasern und Zementoblasten verloren geht als auch die freie Wurzeloberfläche den Dentinoklasten zugänglich wird und die Resorption von Statten gehen kann [16] [17].

Somit scheint neben prädispositionierenden genetischen Faktoren wie Geschlecht, bilateraler Verlagerung und Deckbisscharakter vor allem ein enger Kontakt zwischen Eckzahn und Schneidezahnwurzel bestehen zu müssen, der eine Resorption der Schneidezahnwurzel begünstigt, wobei das Risiko mit zunehmendem Verlagerungsgrad und zunehmender Höhe der Verlagerung steigt, welche sich wiederum gegenseitig bedingen.

Der Verlagerungsgrad an sich sowie der Überlagerungsgrad der Eckzahnkrone über die Schneidezahnwurzeln ist hingegen allein nicht so sehr mit der Resorption korreliert wie vermutet, was sich aus den Signifikanzen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe ablesen lässt, sondern ist ein Zeugnis der räumlich engen Lagebeziehung zwischen Eckzahn und Schneidezahnwurzel. Diese enge Lagebeziehung bedingt zunächst die Hemmung der Vertikalentwicklung, gleichzeitig aber auch die Aufrichtung des Eckzahns und manifestiert sich durch den Überlagerungsgrad.

Somit stellen der Verlagerungsgrad des Eckzahns sowie der Überlagerungsgrad der Eckzahnkrone über die Schneidezahnwurzeln lediglich Begleiterscheinungen einer frühzeitigen Eruptions- und Aufrichtungshemmung dar, die per se nicht das Resorptionsrisiko erhöhen, aber in Kombination mit einer hohen kranialen Verlagerung des Eckzahns zu ausgeprägten Resorptionen führen können.

## **8 Literaturverzeichnis**

1. *Bacetti, T.*: A controlled studie of associated dental anomalies. *Angle Orthod* 68, 267-274 (1998)
2. *Becker, A.*: The orthodontic treatment of impacted teeth. London: Martin Dunitz, 1998
3. *Becker, A.; Chaushu, S.*: Long-term follow-up of severely resorbed maxillary incisors after resolutions of an etiologically associated impacted canine. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 127, 650-654 (2005)
4. *Becker, A.; Smith, P.; Behar, R.*: The incidence of anomalous maxillary lateral incisors in relation to palatally-displaced cuspids. *Angle Orthod* 54, 24-29 (1981)
5. *Becker, A.; Zilberman, Y.; Tsur, B.*: Root length of lateral incisors adjacent to palatally-displaced canines. *Angle Orthod* 54, 218-225 (1984)
6. *Bjerklin, K.; Kurol, J.; Valentin, J.*: Ectopic eruption of maxillary first permanent molars and association with other tooth and develop mental disturbances. *Europ J Orthod* 14, 369-375 (1992)
7. *Brin, I.; Becker, A.; Shalhav, M.*: position of the maxillary permanent canine in relation to anomalous or missing lateral incisors: A population study. *Eur J Orthod* 8, 12-16 (1986)
8. *Broadbent, B.H.*: Ontogenetic development of occlusion. *Angle Orthod* 1, 45 (1941)
9. *Dausch-Neumann, D.*: Der Durchbruchsweg bleibender Eckzähne. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 31,9-16 (1970)
10. *Dewel, B.F.*: The upper cuspids: Its Development and Impaction. *Angle Orthod* 19, 79-149 (1941)
11. *Dickson, G. C.*: Kurzlehrbuch der Kieferorthopädie. Stuttgart 1968
12. *Ericson, S., Kurol, J.*: Resorption of maxillary lateral incisors caused by ectopic eruption of the canines. *Am J Dentofac Orthop.* 94, 503-513 (1988)
13. *Ericson, S.; Bjerklin, K.*: The dental follicle in normally and ectopically erupting maxillary canines: A computed tomography study. *Angle Orthod* 71, 333-342 (2001)

14. *Ericson, S.; Kuroi, J.*: CT diagnosis of ectopically erupting maxillary canines – a case report. *Eur J Orthod* 10, 115-120 (1988)
15. *Ericson, S.; Kuroi, J.*: Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canines. *Europ J Orthod* 10, 283-295 (1988)
16. *Ericson, S.; Kuroi, J.*: Incisor resorption caused by maxillary cuspids. A radiographic study. *Angl Orthod* , 332- 346 (1987)
17. *Ericson, S.; Kuroi, J.*: Incisor root resorption due to ectopic maxillary canines imaged by computerized tomography. A comparative study in extracted teeth. *Angle Orthod* 70, 92-99 (2000)
18. *Ericson, S.; Kuroi, J.*: Radiographic assessment of maxillary canine eruption in children with clinical signs of eruption disturbance. *Europ J Orthod* 8, 133-140 (1986)
19. *Ericson, S.; Kuroi, J.*: Radiographic examination of ectopic erupting maxillary canines. *Am J Orthod Dentofac Orthod* 91, 483-492 (1987)
20. *Ericson, S.; Kuroi, J.*: Resorption after ectopic eruption of maxillary canines: a CT study. *Angle Orthodontist* 70, 415-423 (2000)
21. *Fearne, J., Lee, R.T.*: Favourable spontaneous eruption of severely displaced maxillary canines with associated follicular disturbance. *Br J Orthod* 15, 93-98 (1988)
22. *Fleury, J. E.; Deboets, D.; Assaad-Auclair, C.; Maffre, N.; Sultan, P.*: LA canine inclusive. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 86, 122-131 (1985)
23. *Garn, S.M.; Lewis, A.B.; Vinicius, J.H.*: Third molar polymorphism and its significance to dental genetics. *J Dent Res* 24, 1344 (1963)
24. *Gavel, V.; Dermaut, L.*: The effect of tooth position on the image of unerupted canines on panoramic radiographs. *Europ J Orthod* 21, 551-560 (1999)
25. *Grande, T.; Stolze, A.; Goldbecher, H.*: Management of an extremely displaced maxillary canine. *J Orofac Orthop* 66, 319-325 (2006)
26. *Grande, T.; Stolze, A.; Goldbecher, H.; Kahl-Nieke, B.*: The displaced canine – a retrospective stud. *J Orofac Orthop* 67, 441-449 (2006)
27. *Grego, G.N.*: A propos de l'etiologie de l'inclusion des canines superieures. *Rev Orthop Dento Faciale* 13, 331-335 (1979)
28. *Harzer, W.; Seifert, D.; Mahdi, Y.*: Die kieferorthopädische Einordnung retinierter Eckzähne unter besonderer Berücksichtigung des

- Behandlungsalters, der Angulation und der dynamischen Okklusion. *Fortschr Kieferorthop* 55, 47-53 (1994)
29. *Hotz, R.P.*: Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen; Stuttgart, New York: Thieme Verlag 1981
30. *Howard, R.D.*: The displaced maxillary canine: Positional variations associated with incisor resorption. *Dent Pract* 22, 279-287 (1972)
31. *Hunter, S.B.*: The radiographic assessment of the unerupted maxillary canine. *Br Dent J* 150, 151-155 (1981)
32. *Jacobs, S.G.*: Exercises in the localisation of unerupted teeth. *Austr Orthod J* 10, 33-35, 58-60 (1987)
33. *Jacobs, S.G.*: Localisation of the unerupted maxillary canine. *Austr Orthod J* 9, 311-316 (1986)
34. *Jacobs, S.G.*: Localization of the unerupted maxillary canine: How to and when to. *Am J Dentofacial Orthop* 115, 314-322 (1999)
35. *Jacobs, S.G.*: Radiographic localization of unerupted teeth: Further findings about the vertical tube shiftmethod and other localization techniques. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 118, 439-447 (19??)
36. *Jacobs, S.G.*: The impacted maxillary canine. Further observations on aetiology, radiographic localization, prevention/interception of impaction, and when to suspect impaction. *Australian Dental Journal* 41, 310-306 (1996)
37. *Jacoby, H.*: The etiology of maxillary canines impactions. *Amer. J. Orthodont* 84, 125-132 (1983)
38. *Keur, J.J.*: Radiographic localization techniques. *Aust Dent J* 31, 86-90 (1986)
39. *Kloeppe, J.G.*: Der verlagerte Eckzahn. *Fortschr Kieferorthop* 40, 151-160 (1979)
40. *Kloeppe, J.G.*: *Fortschr. Kieferorthop.* 22, 147 (1961)
41. *Knight, H.*: Tooth resorption associated with the eruption of maxillary canines. *Br J Orthod* 14, 21-31 (1987)
42. *Kokich, V.G.*: Surgical and orthodontic management of impacted maxillary canines. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 126, 278-283 (2004)
43. *Kramer, R.M.; Williams, A.C.*: The incidence of impacted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 29, 237-241 (1970)

44. *Landis, J.R.; Koch, G.G.*: The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33, 159-174 (1977)
45. *Leifert, S.; Jonas, I.E.*: Dental Anomalies as a Microsymptom of Palatal Canine Displacement. *J Orofac Orthop* 64, 108-120 (2003)
46. *Leivesley, W.D.*: Minimizing the problem of impacted and ectopic canines. *J Dent Child* 51, 367-370 (1984)
47. *Leonardi, M.; Armi, P.; Franchi, L.; Baccetti, T.*: Two interceptive approaches to palatally displaced canines: a prospective longitudinal study. *Angle Orthod* 74, 581-586 (2004)
48. *Lindauer, S.J.; Rubinstein, L.K.; Hang, W.M.*: Canine impaction identified early with panoramic radiographs. *J Am Dent Assoc* 123, 91-97 (1992)
49. *Marks, S.C. Jr; Cahill, D.R.*: regional control by the dental follicle of alterations in alveolar bone metabolism during tooth eruption. *J Oral Pathol* 16, 164-169 (1987)
50. *Marks, S.C. Jr; Gorski, J.P.; Wise, G.E.*: The mechanism and mediators of tooth eruption models for developmental biologist. *Int J Dev Biol* 39, 223-230 (1995)
51. *Marks, S.C. Jr; Schroeder, H.E.*: Tooth eruption theories and facts. *Anat Rec* 245, 374-393 (1996)
52. *Marks, S.C. Jr; Schroeder, H.E.; Andreasen, J.O.*: Theories and mechanism of tooth eruption. In: *Andreasen, J.O.; Kölsen-Pedersen, J.; Laskin, D.M.*; eds. *Textbook and Color Atlas of Tooth Impactions*. 1<sup>st</sup> ed. Copenhagen: Munsgaard; 19-47 (1997)
53. *McKay, C.*: The unerupted maxillary canine, an assessment of the role of surgery in 2500 treated cases. *Br Dent J* 145, 207-210 (1978)
54. *Mourshed, F.*: A roentgenographic study of dentigerous cysts. I. Incidence in a population sample. *Oral surg Oral Med Oral Path* 18, 47-53 (1964)
55. *Nordenram, A.; Stromberg, C.*: Positional variations of the impacted upper canine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 22, 711-714 (1966)
56. *Oliver, R.G.; Mannion, J.E.; Robinson, J.M.*: Morphology of the lateral incisor in cases of unilateral impaction of maxillary canine. *Br J Orthod* 19, 9-16 (1989)
57. *Paatero, Y.V.; Kiminki, A.*: Jatkotutkimus retinoituneen yläkulmahmpaan palato-labiaalisesta sijaistuksesta. *Suom Hammaslääk Toim* 58, 294-300 (1962)

58. *Paschke, H.; Glatthor, K.; Schnöckel, F.:* Chirurgisch-orthopädische Maßnahmen zur Einordnung verlagelter oberer Eckzähne. Zahnärztl Rundsch 76, 2-8 (1967)
59. *Peck, S.; Peck, L.; Kataja, M.:* Prevalence of tooth agenesis and peg-shaped maxillary lateral incisor associated with palatally displaced canine (PDC) anomaly. Am J Orthod Dentofac Orthop 110, 441-443 (1996)
60. *Peck, S.; Peck, L.; Kataja, M.:* The palatally displaced canine as a dental anomaly of genetic origin. The Angle Orthodontist 64, 249-256 (1994)
61. *Power, S.M.; Short, M.B.E.:* An investigation into the response of palatally displaced canines to the removal of the deciduous canines and an assessment of factors contributing to favourable eruption. Br J Ortho, 215-223 (1993)
62. *Racek, J; Sottner, L.:* Príspevek k dedičnost retence spikáku. Cesk Stomat 77, 209-213 (1977)
63. *Racek, J; Sottner, L.:* Príspevek k dedičnost retence spikáku. Cesk Stomat 77, 209-213 (1977)
64. *Seward, G.R.:* Radiology in general dental practice. IX – Unerupted maxillary canines, central incisors and supernumeraries. Br Dent J 115, 85-91 (1968)
65. *Shroff, B.; Siegel, S.M.:* Molecular basis for tooth eruption and its clinical implications in orthodontic tooth movement. Semin Orthod 6, 155-172 (2000)
66. *Stahl, F., Grabowski, R.:* Maxillary Canine Displacement and Genetically Determined Predisposition to Disturbed Development of the Dentition. J. Orofac. Orthop. 64, 167-177 (2003)
67. *Stellzig, A.; Basdra, E.K.; Komposch, G.:* Zur Ätiologie der Eckzahnverlagerung – eine Platzanalyse. Fortschr. Kieferorthop. 55, 97-103 (1994)
68. *Stivaros, N.; Mandall, N.A.:* Radiographic factors affecting the management of impacted upper permanent canines. Journal of Orthodontics 27, 169-173 (2000)
69. *Svinhufvud, E.; Myllärniemi, S.; Norio, R.:* Dominant inheritance of tooth malpositions and their association to hypodontia. Clin Genet 34, 373-381 (1988)
70. *Toller, P.A.:* Origin and growth of cysts of the jaws. Ann R Coll Surg Engl 40, 306-336 (1967)



71. *Tränkmann, J.*: Ätiologie Diagnose und Therapie retinierter Zähne. Prakt Kieferorthop 1, 217-236 (1987)
72. *Williams, B.H.*: Diagnosis and prevention of maxillary cuspid Impaction. Angle Orthod 51, 30-40 (1981)
73. *Zilbermann, Y.; Cohen, B.; Becker, A.*: Familial trends in palatal canines, anomalous lateral incisors, and related phenomena. Europ J Orthod 12, 135-139 (1990)

## 9 Anhang

### 9.1 Erhebungsbogen

Klinikum der Universität München

Poliklinik für Kieferorthopädie – Innenstadt

Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Ingrid Rudzki-Janson

\_\_\_\_\_ **LMU**  
Ludwig\_\_\_\_\_  
Maximilians –  
Universität\_\_\_\_\_  
München\_\_\_\_\_

### **Studie: „Eckzahnverlagerung“**

**Studiendesign:** Retrospektive, randomisierte, kontrollierte Studie  
**Investigator:** HELGERT, Sebastian und Dr. PASCHOS, Ekaterini

### **Erhebungsbogen**

Allgemeine Erhebungsdaten	
• Lfd. Nummer	
• NAME, Vorname	
• Patienten-Journalnummer	
• Geburtsdatum	
• Geschlecht	
• Klinik / Praxis	
• Gesichtstyp	
• Basale Relation sagittal	
• Basale Relation vertikal	
• Basale Relation transversal	
• Verlagerter Eckzahn/ Kontrollzahn	
• Behandlungsdauer	
• Behandlungsdauer ab Freilegung	
• Behandlungsmethode zur Eckzahneinstellung	
• Behandlungsmethode der Malokklusion	

Erhebungsdaten OPG	
• Datum	
• Zahnalter	

• <b>GAT-Stadium benachbarter 2er</b>	
• <b>GAT-Stadium Eckzahn</b>	
• <b>Winkel <math>\alpha</math></b>	
• <b>Winkel <math>\beta</math></b>	
• <b>Dausch-Neumann-Winkel</b>	
• <b>d1 (mm)</b>	
• <b>d3 (mm)</b>	
• <b>Resorptionen benachbarter 2er</b>	
• <b>Wurzellänge Eckzahn</b>	
• <b>Wurzellänge benachbarter 2er</b>	
• <b>Follikelbreite Eckzahn</b>	
• <b>Folikelform</b>	
• <b>Lamina dura des benachbarten 2ers</b>	
• <b>Resorptionsgrad IIIer</b>	
• <b>Unterminierende Resorption</b>	
• <b>Überzahl</b>	
• <b>Unterzahl</b>	
• <b>Fächerform</b>	
• <b>Früh-/Spätzahner</b>	
• <b>Keimlage Molaren</b>	
• <b>Vorzeitiger IIIer-Verlust</b>	
• <b>Persistierender IIIer</b>	
• <b>Andere Verlagerungen</b>	

<b>Erhebungsdaten FRS</b>	
• <b>Datum</b>	
• <b>Winkel <math>\delta</math></b>	
• <b>d2 (mm)</b>	
• <b>palatinale/vestibuläre Verlagerung</b>	

<b>Erhebungsdaten Aufbiss</b>	
• Datum	
• Winkel $\gamma$	

<b>Erhebungsdaten Zahnfilm</b>	
• Datum	
• Resorptionen benachbarter 2er	
• Wurzellänge Eckzahn	
• Wurzellänge benachbarter 2er	
• Follikelbreite Eckzahn	
• Follikelform	
• Resorptionsgrad IIIer	
• Lamina dura des benachbarten 2ers	

<b>Erhebungsdaten Situationsmodell (Erstbefund)</b>	
• Datum	
• Angle Klasse	
• Overjet	
• Overbite	
• Deckbiss	
• Transversale Okklusion	
• MLV im OK	
• Benachbarter 2er -Zapfenzahn	
• Benachbarter 2er –schmal	
• Benachbarter 2er- normal	
• Infraposition	
• Stützzoneneinbruch	

## **9.2 Definitionen der statistische Auswertung**

Die Auswertung der Erhebungsbögen erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS ® 12,0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Bei den Variablen „Überzahl“, „Unterzahl“, „persistierender Milcheckzahn“, „andere Verlagerungen“, „Resorption des benachbarten 2er“, „Deckbiss“, „Mittellinienverschiebung“, „Nichtanlage des 2ers“ und „Zahnfilm“ wurde der Antwortmöglichkeit „Ja“ der Wert 1 zugeordnet, „Nein“ der Wert 2. „Keine Angabe“ wurde generell mit 0 bewertet.

Bei der Variablen „Geschlecht“ bedeutet 1= männlich, 2= weiblich. Die Zuordnung bei der Variablen „Harmonie“ erfolgte 1= harmonisch und 2= disharmonisch, bei der Variablen „Gesichtstyp“ in 1= orthognath, 2= retrognath und 3= prognath. Die „Inklination der Maxilla“ und die „Inklination der Mandibula“ wurde in 1= anteriore Inklination und 2= posteriore Inklination unterteilt. Die Zuordnung der „basalen Relation sagittal“ erfolgte in 1= neutral, 2= distal und 3= mesial, der „basalen Relation vertikal“ in 1= neutral, 2= offen und 3= tief mit Beurteilung der „Gesichtstiefe“ in Form von 1= 1, 2= 2 und 3= 3. Der „basalen Relation transversal“ wurde 1= eng und 2= ausgewogen zugeordnet. Die „Uni- oder Bilaterale Verlagerung“ wurde mit 1= unilateral und 2= bilateral erfasst, der „Verlagerte Zahn“ mit 1= 13, 2= 23 und 3= 13 und 23. Die Unterteilung der „Behandlungsapparatur“ erfolgte in 1= Multiband und 2= herausnehmbare Platte. Das „GAT-Stadium des Eckzahnes“ wurde in 1= Stadium 4 und 2= Stadium 5 unterteilt, die „Follikelform“ in 0= nicht beurteilbar, 1= regulär und 2= irregulär. Die „Lamina dura des benachbarten Lateralen“ wurde auf 1= durchgehend sichtbar und 2= unterbrochen geprüft. Dem „Resorptionsgrad des Milcheckzahns“ wurde 1= Grad 1, 2= Grad 2 und 3= Grad 3 zugeordnet, der „Sektorunterteilung“ entsprechend 1= Sektor 1 bis 4= Sektor 4.

Die „Angle-Klasse“ des Patienten wurde mit 1= Klasse I, 2= Klasse II und 3= Klasse III erfasst, die Seite der Mittellinienverschiebung mittels 1= rechts und 2= links festgelegt. Die „Form des Lateralen“ wurde durch 0= normal, 1= Mikrodontie und 2= Zapfenzahn determiniert.

Bei allen anderen Variablen wurden gemessene Strecken in Millimetern und vermessene Winkel in Graden eingetragen.

## **10 Danksagung**

Ich möchte mich bei all denjenigen, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben, von ganzem Herzen bedanken.

Mein spezieller Dank gilt hierbei natürlich meiner ganzen Familie. Hier seien zu allererst meine großartigen Eltern Werner und Bettina Helgert sowie meine innigst geliebten Schwestern Susanne und Leonie Helgert genannt. Ein spezieller Dank gebührt natürlich sowohl meinen Großeltern mütterlichseits, Dieter und Rotraut Lutz, als auch meinen leider bereits verstorbenen Großeltern väterlichseits, Dr. Wilhelm und Margarethe Helgert. Ebenso möchte ich mich bei meinen beiden Onkeln Dr. Klaus Helgert und Prof. Dr. Lutz inklusive ihrer lieben Familien sowie meiner Großtante Liselotte Karlin bedanken.

Ein ganz besonderer Dank gebührt selbstverständlich meiner sehr geliebten und bezaubernden Freundin Jennifer Offermanns.

Des Weiteren ist mein besonderer Dank an Frau Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die stets engagierte und freundliche Unterstützung während der Arbeit gerichtet.

Das allergrößte Dankeschön gilt aber meiner Betreuerin Frau Dr. Ekaterini Paschos, die stets aufopferungsvoll, hilfsbereit, fürsorglich, kompetent, engagiert, geduldig, äußerst freundlich und mit allergrößtem Einsatz für das Zustandekommen dieser Arbeit verantwortlich ist.

## 11 Lebenslauf

### Persönliche Angaben:

Name:	Helgert
Vorname:	Sebastian Dietrich Wilhelm
Geburtsdatum:	22.02.1978
Geburtsort:	München
Nationalität:	deutsch
Konfession:	evangelisch
Familienstand:	ledig
Eltern:	Werner Helgert, geb. 04.01.1943, Bettina Helgert (geb. Lutz), geb. 16.09.1953
Geschwister:	Susanne Helgert, geb. 15.05.1981 Leonie Helgert, geb. 11.05.1988

### Schulausbildung:

06/84 - 06/88	Grundschule an der Balanstraße, München
07/88 - 07/97	Wilhelmsgymnasium München, Abschluss: allgemeine Hochschulreife (humanistisch)

### Zivildienst:

08/97 - 08/98	Behindertenfahrdienst, Malteserhilfssdienst München
---------------	---

### Hochschulausbildung:

10/99	Studium der Zahnmedizin an der Ludwig-Maximilian-Universität München
10/00	Naturwissenschaftliche zahnärztliche Vorprüfung
03/02	Zahnärztliche Vorprüfung
02/05	Zahnärztliche Prüfung

### Berufliche Nebentätigkeiten:

10/98 - 01/99	Praktikum im zahntechnischen Labor Melzer, München
02/99 - 05/99	Praktikum bei Dr. med. dent. Klaus Helgert

### Zahnärztliche Tätigkeiten:

07/05 - 07/07	Vorbereitungsassistent in der zahnärztlichen Praxis Dr. Assmus
07/07 – 07/08	Assistenzarzt in der zahnärztlichen Praxis MOM Dr. Ch. Wenninger
08/08	Gründung der zahnärztlichen Gemeinschaftspraxis  Dr. Ch. Wenninger (MOM)  und  Dr. S. Helgert