

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie im Zentrum
für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätskranken-
hauses Hamburg-Eppendorf

Direktorin: Professor Dr. med. dent. B. Kahl-Nieke

Evaluierung der Qualität und diagnostischen Aussagekraft
transversaler Schichtaufnahmen für kieferorthopädische
Fragestellungen bei der Retention von oberen Eckzähnen

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg

vorgelegt von

Silke Bremert

aus Hamburg

Hamburg 2005

Angenommen vom Fachbereich Medizin

der Universität Hamburg am:

Veröffentlicht mit Genehmigung des Fachbereichs

Medizin der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende:

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in:

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in:

Meiner Mutter, meiner Schwester
und meinen Grosseltern,
den wichtigsten Menschen in meinem Leben,
in Dankbarkeit gewidmet

1 Einleitung	4
2 Literatur	6
2.1 Physiologische Entwicklung der oberen Eckzähne	6
2.2 Retinierte Eckzähne	8
2.2.1 Definition	8
2.2.2 Vorkommen	9
2.2.3 Ätiologie	12
2.2.4 Folgen der Eckzahnretention	15
2.3 Diagnostik bei Retentionen oberer Eckzähne	17
2.3.1 Klinische Diagnostik	18
2.3.2 Röntgendiagnostik	19
3 Patienten und Methodik	39
3.1 Patienten	39
3.2 Pilotstudie	41
3.2.1 Messpunkte	43
3.2.2 Konventionelles Röntgen am Phantom	45
3.2.3 Computertomographische Schädelaufnahmen des Phantoms	48
3.3 Methode	50
3.3.1 Gewährleistung gleicher Interpretationsgrundlagen	50
3.3.2 Bewertungsunterlagen	53
3.3.3 Voraussetzungen für die Röntgenbildbewertung	55
3.3.4 Beurteilung der Phantom-TSA	55
3.3.5 Beurteilung der klinischen TSA	56
3.3.6 Nachuntersuchung	56
3.3.7 Verifizierung der Ergebnisse	57
3.3.8 Datenauswertung	57
4 Ergebnisse	58
4.1 Analyse der Phantom-TSA	58
4.1.1 Übersichtsdarstellung der Ergebnisse für die Phantom-TSA	58
4.1.2 Einschätzung der Eckzahnlage auf den Phantom-TSA	60
4.1.3 Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	61
4.1.4 Stadium des Wurzelwachstums	62

4.1.5 Erkennbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes.....	63
4.1.6 Erkennbarkeit des Parodontalspaltes am ersten oberen Prämolaren (Zahn 24)	65
4.1.7 Beurteilbarkeit einer Ankylosierung des ersten oberen Prämolaren (Zahn 24)	66
4.1.8 Einschätzung der Lagebeziehungen retinierter oberer Eckzähne zu anderen Zähnen.....	67
4.1.9 Sichtbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen	68
4.2 Analyse der klinischen TSA	69
4.2.1 Übersichtsdarstellung der Ergebnisse.....	69
4.2.2 Einschätzung der Eckzahnlage	71
4.2.3 Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	75
4.2.4 Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums	76
4.2.5 Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes.....	77
4.2.6 Erkennbarkeit des Eckzahnparodontalspaltes	79
4.2.7 Beurteilbarkeit einer Ankylose	80
4.2.8 Erkennbarkeit der Lagebeziehungen des verlagerten Eckzahnes.....	81
4.2.9 Erkennbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen	83
4.3 Vergleich der Analysen von Phantom- und klinischen TSA.....	84
4.4 Nachuntersuchung	85
4.4.1 Intraindividuelle Nachuntersuchung der Phantom-TSA	85
4.4.2 Intraindividuelle Nachuntersuchung der klinischen TSA	87
4.4.3 Interindividuelle Nachuntersuchung der Phantom-TSA	92
4.4.4 Interindividuelle Nachuntersuchung der klinischen TSA	94
4.5 Verifizierung.....	98
4.5.1 Verifizierung der Lagebestimmung des Eckzahnes für die Phantom-TSA... 98	
4.5.2 Verifizierung der Lagebestimmung des Eckzahnes für die klinischen TSA. 99	
5 Diskussion	101
5.1 Vergleich der Röntgentechniken	101
5.2 Kritische Reflexion der Methodik	108
5.3 Diskussion der Analyse von Phantom- und klinischen TSA.....	109

5.4 Nachuntersuchung	113
5.5 Verifizierung.....	114
6 Zusammenfassung	116
7 Literaturverzeichnis.....	118

1 Einleitung

Eckzähne sind aufgrund ihrer Beeinflussung des Front- und Seitenzahngebiets während der Kieferentwicklung für das harmonische Erscheinungsbild eines Gesichts von außerordentlicher Bedeutung (Dausch-Neumann 1970).

Da der permanente Eckzahn des Oberkiefers- abgesehen von den dritten Molaren- laut Literaturangaben zwischen 0,92% bis 3%, am häufigsten retiniert ist (Dachi und Howell 1961; Sinkovits und Polczer 1964; Thilander und Jacobsson 1968; Tränkmann 1973; Ericson und Kurol 1986; Hirschfelder und Petschelt 1986; Schüller und Freisfeld 1992; Kahl-Nieke 1995; Blindhofer et al. 1997; Bishara 1998), stellt er ein Problem in der Zahnheilkunde dar (Crismani et al. 2000).

Die Ätiologie der Retention oberer Eckzähne wird in der Literatur als multifaktoriell beschrieben. Ihr können hereditäre, exogene und idiopathische Ursachen zugrunde liegen (Bishara et al. 1976; Becker et al. 1981; Jacoby 1983; Brin et al. 1993b; Stellzig et al. 1994; Becker 1999; Harzer 2002). Insgesamt wurde durch viele Studien gezeigt, dass eine palatinale Eckzahnverlagerung wesentlich häufiger vorkommt als eine Verlagerung nach labial (Hitchin 1956; Nordenram und Strömberg 1966; Rayne 1969; Jacoby 1983; Ericson und Kurol 1986, 1987a; Schüller und Freisfeld 1992; Stellzig et al. 1994; Blindhofer et al. 1997; Bishara 1998; Becker 2000), da beide Formen auf einer unterschiedlichen Pathogenese basieren (Jacoby 1983; Peck et al. 1994; Stellzig et al. 1994; Becker 1999). Aufgrund der durch die Eckzahnretention bedingten ästhetischen Einschränkungen für den Patienten und möglichen klinisch relevanten Komplikationen sowie der Möglichkeit zur Minimierung von aufwendigen und lang andauernden Therapien (Hitchin 1956; Leivesley 1984; Ericson und Kurol 1987a; Schüller und Freisfeld 1992; Becker 1999; Harzer 2002), ist ein frühzeitiges Erkennen dieser Fehlentwicklung wichtig (Leivesley 1984; Becker 1999; Harzer 2002). Um eine genaue Einschätzung der Lage eines retinierten Eckzahnes zu ermöglichen, sollte eine exakte Diagnostik erfolgen (Nordenram und Strömberg 1966; Brown und Matthews 1981; Ericson und Kurol 1986, 1987b, 1988, a, b, 1997, 2000a), welche sowohl klinisch, als auch röntgenologisch untermauert sein muss (Hunter 1981; Ericson und Kurol 1987b; Bishara 1992, 1998; Shapira und Kuftinec 1998; Mason et al. 2001).

Als Basisröntgenaufnahme in der Eckzahndiagnostik dient die Panoramaschichtaufnahme (Gavel und Dermaut 1999; Harzer 2002), die dem Kieferorthopäden eine

umfassende Übersicht über beide Kiefer sowie umliegende Strukturen in mesio-distaler Ebene, bei geringer Strahlenbelastung bietet (Hirschfelder 2000). Bei Unklarheiten bezüglich der Wurzel- und Umgebungsmorphologie wird der Zahnfilm hinzugezogen (Becker 1999; Harzer 2002). Um Informationen über die vestibulo-orale Lokalisation eines verlagerten Eckzahnes zu bekommen, ist eine Aufnahme zur Darstellung der zweiten Ebene indiziert. Es stehen Zahnfilme in orthoradialer und mesial-, beziehungsweise distalexzentrischer Projektion (Parallaxemethode), Aufbissaufnahmen, digitale Volumentomographien (DVT) sowie computertomographische Aufnahmen (CT) zur Verfügung (Hitchin 1956; Hirschfelder 2000; Harzer 2002; Ericson und Kurol 1987a, b; Becker 1999). Eine weitere Möglichkeit zur Darstellung der oro-vestibulären Ebene liegt in der Anfertigung von transversalen Schichtaufnahmen (TSA). Sie dienen bisher hauptsächlich der präimplantologischen Planung und der Darstellung des Nervus mandibularis vor Entfernung von verlagerten Weisheitszähnen und Wurzelresten (Kassebaum et al. 1990; Miller et al. 1990; Segelmann 1991; Kaeppler et al. 1996; Rother 2001). Aufgrund der geringen Strahlenexposition, dem geringen Aufwand und der niedrigen Kosten stellt sie eine Alternative dar (Fuhrmann 1998).

Da die Technik der transversalen Schichtaufnahme bisher noch nicht als diagnostisches Hilfsmittel in der Kieferorthopädie beschrieben wurde, war das Ziel dieser Arbeit, die Qualität und diagnostische Aussagekraft der transversalen Schichtaufnahme zur Lagebestimmung retinierter oberer Eckzähne- unter Berücksichtigung der Strahlenhygiene- zu evaluieren und zu ermitteln, ob sie in der kieferorthopädischen Praxis zur „Eckzahn- diagnostik“ indiziert ist.

2 Literatur

2.1 Physiologische Entwicklung der oberen Eckzähne

Die Kenntnis der physiologischen Entwicklung der Eck- und Frontzahnregion des Oberkiefers ist Voraussetzung für das Verständnis pathologischer Eckzahnverlagerungen, da einige Erklärungsversuche auf dem veränderten Zahndurchbruch in dieser Region basieren (Becker 1999) und eine Diagnose erst bei Kenntnis der normalen Entwicklung möglich ist (Hunter 1981).

Die Kalzifizierung der Krone des permanenten Eckzahnes beginnt mit dem vierten bis fünften Lebensmonat (Alling 1993). Nach 12 Monaten liegt der Zahnkeim hoch in der Maxilla über der Bifurkation des ersten Milchmolaren und unter dem Orbitaboden (Broadbent 1941; Salzmann 1974). Im Alter von drei Jahren stehen die bleibenden Zähne im Staffelstand im Kiefer, da die Platzverhältnisse in der Eckzahnregion sehr beengt sind. Die Wurzeln der Milchschnidezähne sind zu dieser Zeit noch vollständig erhalten und die Kronen der mittleren und seitlichen bleibenden Inzisivi befinden sich auf Höhe der Apices der Milchschnidezähne. Der laterale Schneidezahn ist am weitesten palatinal gelegen (Becker 1999). Während des fünften Lebensjahres ist die Position des bleibenden Eckzahnes weit über und zwischen dem seitlichen Inzisivus und dem ersten Prämolaren (Harzer 2002). Daraus resultiert für ihn ein langer und beschwerlicher Durchbruchsweg von 22 mm (Dewel 1949; Dausch-Neumann 1970; Brin et al. 1993a; Coulter und Richardson 1997; Mc Sherry und Richardson 1999; Becker 2000).

Der Durchbruch des zentralen Schneidezahnes erfolgt im siebten bis achten Lebensjahr (Schour und Massler 1941), währenddessen beginnt sich die Wurzel des Eckzahnes zu entwickeln. Mit acht bis neun Jahren bewegt sich der laterale Inzisivus nach okklusal. Ab dem neunten Lebensjahr kann der Eckzahn im Vestibulum palpierbar sein (Becker 1999; Schour und Massler 1941). Er bewegt sich in vertikaler Richtung, allerdings noch palatinal der Milcheckzahnwurzel und des ersten Prämolaren (Harzer 2002). Im zehnten Lebensjahr ändert der bleibende Eckzahn seine Richtung nach bukkal-vertikal und resorbiert von palatinal die Wurzel seines Milchzahnvorgängers. Seine Krone ist nach mesial gerichtet, so dass er die Wurzel des seitlichen Schneidezahnes berührt, die er als Führungsebene auf dem Weg in den Zahnbogen verwendet, da er an ihrer distalen Fläche entlang nach okklusal wächst (Harzer 2002). Die Aufrichtung der Eckzahn-

wurzel schreitet durch die Eruption des Eckzahnes und die Resorption des Milchzahnes immer weiter fort.

Die physiologische Durchbruchzeit des Eckzahnes liegt nach der Dentitionstabelle von *Schour* und *Massler* (1941), *Schopf* (1970), *Van der Linden et al.* (1979) sowie nach den Erkenntnissen von *Harzer* (1999) und *Tränkmann* (2000) zwischen 11 und 12 Jahren. Die endgültige Position im elften bis zwölften Lebensjahr ist durch eine leichte mesiale Inklination gekennzeichnet (Becker 1999).

Unter physiologischen Umständen brechen Zähne in die Mundhöhle durch, wenn das Wurzelwachstum zur Hälfte bis zwei Drittel abgeschlossen ist, da sie zu diesem Zeitpunkt die größte Durchbruchenergie besitzen (Harzer 1999; Becker 2000). Ein Abschluss des Wurzelwachstums ist ungefähr 2,5 bis drei Jahre nach dem Durchbruch in die Mundhöhle zu erwarten, beim oberen Eckzahn also erst mit 14 bis 15 Jahren. Bis dahin ist das Foramen apicale dentis noch offen und eine Zahnpapille am Wurzelende sichtbar (Harzer 2002).

2.2 Retinierte Eckzähne

2.2.1 Definition

Mit der Begriffsdefinition „Retention“ haben sich zahlreiche Autoren auseinandergesetzt (Scheff 1909; Adloff 1910; Mayrhofer 1931; Heckmann 1966; Thilander und Jacobsson 1968; Fleischer-Peters 1970; Hotz 1970; Tränkmann und Ködel 1970; Komposch und Anhalt 1987; Tränkmann 2000; Kahl-Nieke 2001; Harzer 2002). *Scheff* (1909) ist einer der Ersten, der diesen Begriff definiert: „Unter Retention der Zähne verstehen wir das Zurückbleiben derselben im Kiefer, so dass sie zu der für sie bestimmten Durchbruchzeit nicht erschienen sind.“ Nach *Adloff* (1910) liegt eine Retention vor, „solange ein Zahn im Kiefer eingeschlossen bleibt, bricht er aber später noch spontan an richtiger Stelle durch, so kann nur ein verspäteter Zahndurchbruch angenommen werden.“ *Mayrhofer* (1931) und *Heckmann* (1966) ergänzen, dass die Retention häufig mit einer Zahnverlagerung assoziiert ist. Nur bei einem „Steckenbleiben“ des Zahnes in unmittelbarer Nähe zum normalen Durchbruchsort liegt eine „einfache Retention“ vor (Mayrhofer 1931). Auch andere Autoren wie zum Beispiel *Thilander* und *Jacobsson* (1968) beschreiben einen retinierten Zahn als im Durchbruch beträchtlich verspätet und anhand der klinischen oder röntgenologischen Gewissheit, ohne Aussicht auf einen Durchbruch. *Hotz* (1980) konstatiert, dass häufig der Zahn des Nachbarquadranten bereits durchgebrochen ist. *Kahl-Nieke* (2001) bezeichnet Zähne, die nicht ihrem normalen Durchbruchzeitpunkt entsprechend in die Mundhöhle gelangen, sondern bei eventuell noch nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum über diesen Termin hinaus im Kiefer verbleiben, als retiniert. Weiterhin können diese Zähne von ihrem orthologen Durchbruchspunkt entfernt liegen, also verlagert sein (*Kahl-Nieke* 2001). *Tränkmann* (2000) und *Harzer* (2002) formulieren, dass die Position des Eckzahnes in der Vertikalen des Alveolarfortsatzes zurückgeblieben, die morphologische Entwicklung im Verhältnis dazu aber fortgeschritten ist.

Von einer Impaktion der Zähne ist zu sprechen, wenn sie bei abgeschlossener Wurzelentwicklung, aufgrund von Hindernissen an ihrem Ursprungsplatz persistieren und die Mundhöhle nicht erreichen (*Hitchin* 1956; *Thilander* und *Jacobsson* 1968; *Kahl-Nieke* 2001).

2.2.2 Vorkommen

Die Eckzähne sind nach den dritten Molaren die am häufigsten retinierten Zähne (Dachi und Howell 1961; Sinkovits und Polczer 1964; Thilander und Jacobsson 1968; Aitasalo et al. 1972; Tränkmann 1973; Ericson und Kurol 1986; Hirschfelder und Petschelt 1986; Schüller und Freisfeld 1992; Kahl-Nieke 1995; Blindhofer et al. 1997; Bishara 1998). *Dachi* und *Howell* (1961) beobachteten für die Eckzahnretention eine Häufigkeit von 0,92%. In einer Studie von *Ericson* und *Kurol* (1986), bezüglich der Häufigkeit von Retentionen der Eckzähne in der schwedischen Bevölkerung, wurde ein Wert von 1,7% ermittelt und *Bishara* (1998) bezifferte die Eckzahnretention im Oberkiefer mit 1% bis 3%. Eine Eckzahnretention von 2,4% wurde durch *Schüller* und *Freisfeld* (1992) evaluiert. Im Vergleich kommen retinierte Weisheitszähne mit einer Häufigkeit von 33,6% vor (Hattab et al. 1995).

In Bezug auf die Lage retinierter oberer Eckzähne konnten viele Autoren zeigen, dass eine palatinale Verlagerung wesentlich häufiger vorkommt als eine Verlagerung nach labial (*Hitchin* 1956; *Nordenram* und *Strömberg* 1966; *Bass* 1967; *Jacoby* 1983; *Ericson* und *Kurol* 1987a; *Schüller* und *Freisfeld* 1992; *Stellzig et al.* 1994; *Blindhofer et al.* 1997; *Becker* 2000).

Tab. 2.1: Verhältnis von palatinal zu labial verlagerten oberen Eckzähnen in Prozent

Autor	Jahr	Verhältnis palatinal: labial in %
<i>Hitchin</i>	1956	60,6: 9,2
<i>Norderam und Strömberg</i>	1966	54: 34
<i>Bass</i>	1967	90,3: 8,6
<i>Jacoby</i>	1983	6,6: 1
<i>Ericson und Kurol</i>	1987a	55: 20
<i>Schüller und Freisfeld</i>	1992	71: 29
<i>Stellzig et al.</i>	1994	84,5: 15,5
<i>Blindhofer et al.</i>	1997	66,7:33,3
<i>Becker</i>	2000	2,5- 4: 1

In einer Studie von *Hitchin* (1956) wurden von 109 Eckzahnverlagerungen 66 palatinal und nur 10 vestibulär zugeordnet. Nach *Norderam* und *Strömberg* (1966) liegt dieser Wert bei 54%:34% und in einer Studie von *Jacoby* (1983) bei 6,6%:1%. Bei Untersuchungen von *Stellzig et al.* (1994) dominierte die palatinale Verlagerung mit 84,5% vor der labialen mit 15,5%, woraus ein Verhältnis von 5,4:1 resultiert.

Ein weiterer Unterschied besteht für das Vorkommen von Eckzahnretentionen im Ober- und Unterkiefer. *Aitasalo et al.* (1972) gaben für die Häufigkeit von retinierten Eckzähnen in der Maxilla einen Wert von 88% an.

Röhler (1929) konnte zeigen, dass eine Verlagerung des Eckzahnes fast doppelt so oft in der linken wie in der rechten oberen Kieferhälfte vorkommt.

Eckzahnverlagerungen kommen nach *Dachi und Howell* (1961) mit 92% am häufigsten unilateral vor. Nach einer Untersuchung von *Hitchin* (1956), *Bass* (1967) und *Rayne* (1969) tritt eine bilaterale Impaktion zu 17% bis 25% auf. 1994 wurde von *Peck et al.* ein Vorkommen von 19% bis 45% für beidseits palatinal verlagerte Zähne evaluiert.

Ebenfalls beschrieben zahlreiche Autoren einen geschlechtsspezifischen Unterschied für die Retention von oberen Eckzähnen: bei Frauen ist die Prävalenz doppelt so hoch wie bei Männern (*Dachi und Howell* 1961; *Sinkovits und Polczer* 1964; *Nordenram und Strömberg* 1966; *Aitasalo et al.* 1972; *Tränkmann* 1973; *Hirschfelder und Petschelt* 1986; *Harzer et al.* 1994; *Peck und Peck* 1994).

Tab. 2.2: Verhältnis von Retentionen oberer Eckzähne bei Mädchen und Jungen in Prozent

Autor	Jahr	Verhältnis Mädchen: Jungen in %
<i>Dachi und Howell</i>	1961	1,17: 0,51
<i>Sinkovits und Polczer</i>	1964	0,93: 0,58
<i>Norderam und Strömberg</i>	1966	64,2: 35,8
<i>Aitasalo et al.</i>	1972	90,7: 85,5
<i>Tränkmann</i>	1973	56,5: 41,4
<i>Hirschfelder und Petschelt</i>	1986	40: 24,5
<i>Harzer et al.</i>	1994	86,1: 31,9

Die Erklärung für diese Häufigkeitsverteilung folgt aus der Annahme, dass der Eckzahn zu seinem Durchbruch die Führung des lateralen Inzisivus benötigt, der aber bei Mädchen, im Verhältnis zu Jungen, häufiger (2:1) fehlt oder zapfenförmig ausgebildet ist (*Becker* 1999). Des Weiteren beginnt der Eckzahn bei Mädchen früher durchzubrechen (*Schopf* 1970; *Becker* 1999), so dass die Schneidezahnwurzel für eine Führung noch nicht genug ausgebildet ist und es so zu einer Verlagerung des Eckzahnkeims kommt (*Becker* 1984, 1999). Diese Häufigkeitsverteilung kann auch darin begründet sein, dass

bei Mädchen vielfach die Durchbruchsreihenfolge der Zähne im Prämolaren- und Eckzahnbereich anders als bei Jungen ist. Bei Mädchen bricht der erste Prämolare oft vor dem zweiten Prämolare und dem Eckzahn durch. Die Reihenfolge erster Prämolare, Eckzahn, zweiter Prämolare ist bei Jungen eher zu beobachten, so dass der Platz beim Durchbruch des Eckzahnes bei Jungen noch nicht so stark eingeschränkt ist (Tränkmann 2000).

Eine ethnische Disposition für Retentionen von oberen Eckzähnen wurde ebenfalls festgestellt. Ein Unterschied besteht in Bezug auf palatinal verlagerte Eckzähne zwischen Europäern, Asiaten und Individuen afrikanischer Herkunft. Eckzahnretentionen mit palatinaler Verlagerung kommen fünf Mal häufiger bei Europäern als bei Asiaten vor (Peck et al. 1994). In Untersuchungen über die Dentition von dunkelhäutigen Afrikanern konnten palatinal verlagerte Eckzähne nicht festgestellt werden (Drennan 1929). *Takahama* und *Aiyama* (1982) beschrieben die geringste Prävalenz retinierter Eckzähne mit 0,27% bei den Japanern. Das höchste Vorkommen konnten *Thilander* und *Jakobson* (1968) mit 1,8% bei den Isländern evaluieren.

Eine erhöhte Prävalenz von Retentionen oberer Eckzähne wurde von *Takahama* und *Aiyama* (1982) in Familien, in denen Lippen-Kiefer-Gaumen-Segel-Spalten bekannt sind, festgestellt und als Mikrosymptom dieser Erkrankung bezeichnet. *Hitchin* (1956) machte ebenfalls darauf aufmerksam, dass ein Zusammenhang zwischen operativ verschlossenen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, zu impaktierten Zähnen besteht, da die Operationsnaht einen Durchbruch verhindern kann. Eckzahnretentionen gelten auch als Begleitsymptom von Syndromen. Beispielsweise treten bei der mit Hypo- und Aplasie der Schlüsselbeine einhergehenden *Dysplasia cleidocranialis* gehäuft Retentionen auf.

2.2.3 Ätiologie

Die Retention von Eckzähnen ist multifaktoriellen Ursprungs. Sie kann auf Vererbung und Umweltfaktoren zurückzuführen sein oder idiopathisch auftreten (Adam 1970; Bishara et al. 1976; Becker et al. 1981; Jacoby 1983; Brin et al. 1993b; Stellzig et al. 1994; Peck et al. 1996; Becker et al. 1999; Harzer 2002). Zu den häufigsten Gründen zählen ein Missverhältnis zwischen Zahn- und Kiefergröße (Adam 1970; Bishara et al. 1976; Jacoby 1983; Stellzig et al. 1994; Becker 1999; Harzer 2002), Formanomalien oder Nichtanlagen der lateralen Schneidezähne (Becker et al. 1981; Jacoby 1983; Brin et al. 1986; Stellzig et al. 1994; Peck et al. 1996), Milcheckzahnpersistenz (Bishara et al. 1976; Becker 1999), ein verfrühter Milcheckzahnverlust (Bishara et al. 1976), Zahnkeimverlagerungen (Adam 1970; Bishara et al. 1976; Becker 1999), Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten (Bishara et al. 1976), Ankylosen (Adam 1970; Bishara et al. 1976), zystische oder tumoröse Veränderungen (Adam 1970; Bishara et al. 1976; Becker 1999; Harzer 2002) sowie Traumata (Brin et al. 1993b; Becker 1999; Harzer 2002). Durch die bei einem Trauma des seitlichen Schneidezahnes auf den Eckzahnkeim übertragene Kraft kann ein Persistieren des Eckzahnes im Alveolarknochen resultieren, da dieser durch das Trauma eine Platzänderung erfährt oder der Durchbruchweg verändert wird (Brin et al. 1993b). Wenn das Wurzelwachstum des seitlichen Inzisivus Trauma bedingt unterbrochen wurde, fehlt dem Eckzahn seine Führungsschiene für die Eruption, so dass er retiniert bleibt (Brin et al. 1993b).

Außerdem ist der komplizierte und mit ca. 22 mm lange Durchbruchweg des Eckzahnes (Coulter und Richardson 1997) aufgrund der vielen Möglichkeiten, die eine Ablenkung des Zahnes bewirken können, eine nicht zu vernachlässigende Retentionsursache (Becker 2000).

Bei der Pathogenese ist die palatinale von der labialen Eckzahnverlagerung zu unterscheiden (Jacoby 1983; Peck et al. 1994; Stellzig et al. 1994; Becker 1999).

Palatinale Verlagerungen haben ihre Ursache nicht in einer transversalen Unterentwicklung des Kiefers (Langberg und Peck 2000a), sondern häufig in einem Raumüberangebot (Bass 1967; Jacoby 1983; Becker 1984; Brin et al. 1986). *Jacoby* (1983) kam zu dem Ergebnis, dass ca. 85% der palatinal impaktierten Eckzähne ausreichend Platz zur Verfügung haben. Dieser kann durch ein exzessives Knochenwachstum in der Eckzahn-region, einen nicht oder nur hypoplastisch vorhandenen lateralen Inzisivus

sowie ein verfrühtes Durchbrechen des lateralen Schneidezahnes oder des ersten Prämolaren entstehen. Als Folge kommt es zu einer Palatinalwanderung des Eckzahnes, so dass er sich hinter den Zahnkeimen der übrigen Zähne entwickelt. Die wesentliche Bedeutung des lateralen Inzisivus und insbesondere seiner Wurzel für eine palatinale Impaktion wird durch *Becker et al.* (1981, 1999), *Becker* (1984), und *Brin et al.* (1986) hervorgehoben. Die Aplasie dieses Zahnes oder eine hypoplastische Ausbildung von Krone und Wurzel sowie eine verspätete Wurzelentwicklung bewirken eine fehlende oder verminderte Führung beim Durchbruch des Eckzahnes, so dass er in eine palatinale Position gerät (Dachi 1961; Bass 1967; Becker et al. 1981; Becker 1984; Brin et al. 1986; Hirschfelder 1986; Bishara 1992, 1998; Harzer 1994; Stellzig et al. 1994; Peck et al. 1996; Langberg und Peck 2000). Aplastische seitliche Inzisivi sind bei Patienten mit palatinaler Verlagerung des Eckzahnes mit einer Häufigkeit von 11% festgestellt worden (Stellzig et al. 1994). Ein erhöhtes Vorkommen von diminutiven oder zapfenförmigen seitlichen Schneidezähnen wurde von vielen Autoren (Becker et al. 1981; Brin et al. 1986; Zilberman et al. 1990; Stellzig et al. 1994) bei Individuen mit palatinal verlagerten Eckzähnen ermittelt. *Becker et al.* (1981) konnte dies bei 42% und *Brin et al.* (1986) bei 39% feststellen. Nach *Stellzig et al.* (1994) traten hypoplastische seitliche Inzisivi in 35% der Fälle mit palatinaler Verlagerung auf. In einer späteren Studie von *Becker* (1999) zeigten 17% der Probanden mit palatinal verlagerten Eckzähnen hypoplastische seitliche Schneidezähne, während in der Kontrollgruppe ohne Impaktionen nur 2% vorkamen.

Nach *Harzer et al.* (1994) und *Basdra et al.* (2000) kommen Eckzahnretentionen nicht nur bei Aplasien und Formanomalien des lateralen Inzisivus vor, sondern besonders auch bei Patienten mit einer Deckbisskonfiguration der oberen Frontzähne mit Angle Klasse II/2. *Harzer* (1994) ermittelte für Eckzahnretentionen im Oberkiefer bei Deckbisskonfiguration eine Häufigkeit von 41%, *Basdra et al.* (2000) kamen auf einen Wert von 33,5%. *Harzer* (2002) begründet die Eckzahnretention mit der großen apikalen Basis und den weit bukkal stehenden Schneidezahnwurzeln, die durch ihre Lage von dem Eckzahnkeim verfehlt werden, so dass dieser nicht geführt werden kann und sich weiter nach palatinal bewegt.

Eine genetisch bedingte Palatinallage durch gestörte Koordination in der Dentition haben *Mc Sherry* und *Richardson* (1999) nachgewiesen. Sie zeigten, dass das vertikale Wachstum verlagertter Eckzähne zwischen dem siebten und 12. Lebensjahr stark gemin-

dert ist und dass die Eckzähne ab dem fünften bis zum 15. Lebensjahr, statt der für das neunte Lebensjahr charakteristischen Bukkal-, eine Palatinalbewegung machen.

Eine Vererbung wurde auch von *Zilberman et al.* (1990), *Peck et al.* (1994) und *Becker* (1995) durch Untersuchungen des familiären Umfelds von Patienten mit Eckzahnverlagerungen festgestellt. Die erste Untersuchungsgruppe diagnostizierte neben ebenfalls palatinal verlagerten Zähnen, mit einem Vorkommen bei den Eltern von 5,1% und bei den Geschwistern von 11,4%, mit der Eckzahnverlagerung korrelierende Anomalien wie Zapfenzähne, kleine und fehlende laterale Inzisivi. Bei 30,8% der Eltern und 28% der Geschwister ergab sich ebenfalls eine Korrelation. Diese Ergebnisse waren im Vergleich zu einer Kontrollgruppe wesentlich erhöht.

Eine Retention mit Verlagerung des Caninus nach labial hingegen basiert auf einem Platzdefizit in der Maxilla (Bass 1967; Jacoby 1983; Peck et al. 1994; Stellzig et al. 1994; Becker 1999; Harzer 2002). *Jacoby* (1983) zeigte, dass bei 83% der labial impaktierten Zähne zu wenig Raum in der Maxilla vorhanden war, *Stellzig et al.* (1994) kamen auf einen Wert von 46%. *Sinkovits* und *Polczer* (1964) nahmen als Grund für eine Eckzahnretention einen "Zusammenbruch der Stützzone" im Milchgebiss an. Sie erkannten ebenso wie *Thilander* und *Jacobsson* (1968), dass ein Platzmangel sehr häufig eine Verlagerung des Eckzahnes nach labial mit verspätetem Durchbruch im „Hochstand“ verursacht und selten eine anhaltende Retention. Um eine Retention zu verursachen, muss außer dem Platzmangel noch eine weitere Ursache oder ein Komplex von anderen Faktoren ihre Wirkung entfalten (*Sinkovits* und *Polczer* 1964). Ein Platzmangel ist auch aufgrund des Eruptionszeitpunktes des oberen Eckzahnes möglich (*Sinkovits* und *Polczer* 1964), da zwischen dem ersten Prämolaren und dem lateralen Inzisivus bei einer nicht selten vorkommenden Dentitionsfolge erster Prämolaren, zweiter Prämolaren, Eckzahn ein Platzdefizit entsteht. Eine Mesialwanderung des ersten Molaren kann dieses noch verstärken, da der Leeway Space aufgehoben wird und der, gegenüber dem Milcheckzahn 2 mm breitere, permanente Eckzahn nicht in die Lücke seines Vorgängers passt (*Harzer* 2002). Ebenfalls kann ein reduziertes Platzangebot in der Eckzahnregion durch eine schmale Apertura Piriformis resultieren. Diese führt zu gedrängt liegenden Frontzahnwurzeln, die dadurch ihrer Führungsfunktion nicht mehr nachkommen können (*Harzer* 1994).

2.2.4 Folgen der Eckzahnretention

Die häufigste durch einen retinierten Eckzahn vorkommende Komplikation ist die Wurzelresorption des lateralen Inzisivus, die seine Beweglichkeit und Wanderung hervorrufen kann (Becker 1999; Harzer 2002). Eine Resorption tritt laut *Ericson und Kurol* (1987a, b) bei der Befunderhebung anhand von Zahnfilmen und Polytomogrammen zu 12,5% auf. Bei computertomographischer Befundung konnten bei 38% der untersuchten lateralen Inzisivi Resorptionserscheinungen festgestellt werden (Ericson und Kurol 2000a). 31% der Resorptionen waren oberflächlich, 9% von mittlerer Stärke und 60% tief mit Pulpabeteiligung (Ericson und Kurol 2000a). *Schüller und Freisfeld* (1992) fanden lediglich bei 20% der Patienten keine Gefährdung eines bleibenden Zahnes. 34% der Zähne waren anresorbiert. Die Resorptionen sind vertikal mit 82% am häufigsten im mittleren Wurzeldrittel bukkal oder palatinal lokalisiert (Ericson und Kurol 1987a). Eine Wurzelresorption permanenter Zähne, insbesondere der lateralen Inzisivi, ist besonders durch den oberen Eckzahn möglich, da er hoch in der Maxilla in enger Beziehung zu den Wurzeln der bleibenden Nachbarzähne angelegt ist (Becker 1999). Ein impaktierter und in seiner Durchbruchrichtung meist veränderter Zahn, kann durch kontinuierlichen Druck eine Resorption induzieren (Becker 1999; Ericson und Kurol 2000a). Ausschlaggebend für die Resorptionsgefahr ist die Lage der Krone des permanenten Eckzahnes. Wenn die Krone mesial der Wurzel des lateralen Inzisivus liegt, steigt die Resorptionsgefahr nach *Ericson und Kurol* (1988) von 12,5% auf 25% und wenn der Winkel zwischen den Zahnachsen der beiden Zähne größer als 25° ist, liegt die Gefahr für eine Resorption bei 48%. Wie von *Brin et al.* (1993a) ermittelt wurde, sind Resorptionsvorgänge besonders rasch und aggressiv verlaufend, so dass eine schnelle Beeinflussung des Durchbruchweges angezeigt ist, da ein rascher Verlust der Stabilität des seitlichen Schneidezahnes aufgrund von Wurzelverkürzung resultieren kann (Harzer et al. 1994; Harzer 2002).

Durch die Retention eines oder mehrerer Zähne kann ein verspäteter Zahnwechsel verursacht sein (Hirschfelder und Petschelt 1986). Weitere Komplikationen entstehen, wenn das folliculäre Säckchen des im Knochen persistierenden Eckzahnes, entweder autonom, oder durch die Pathogenese des Milcheckzahnes eine Vergrößerung erfährt. Eine Veränderung, die größer als 2-3mm ist, wird röntgenologisch als Zyste bezeichnet (Becker 1999). Dies kann von klinischer Bedeutung sein, da es zu einer Infektion und somit zu Schmerzen und Abszessen kommen kann (Harzer 2002). Ebenfalls kann eine

Wanderung und Verdrängung von Nachbarzähnen durch folliculäre Zysten eines retinierten Eckzahnes hervorgerufen werden (Bishara 1998). Eine Labialkipfung des seitlichen Inzisivus kann ebenso aufgrund einer Eckzahnretention vorkommen. Diese wird durch den vom bukkal verlagerten Eckzahn ausgehenden Druck erzeugt. Die Korrektur einer solchen Fehlstellung sollte allerdings erst nach Beheben der Eckzahnverlagerung in Betracht gezogen werden, um eine Resorption nicht zu beschleunigen (Becker 1999). Bei über 20-30 Jahre unbehandelten Impaktionen ist auch eine Resorption der Krone des impaktierten Zahnes möglich, da sich mit der Zeit das reduzierte Schmelzepithel auflöst und ein Kontakt zwischen Schmelz und Knochen entsteht, der zu Schmelzresorptionen und Ersatz durch Knochen führt (Hitchin 1956; Seddon und Smith 1996). Auch Funktionseinschränkungen des stomatognathen Systems sind mögliche Folgen von Eckzahnretentionen, da dem Eckzahn für die Gesundheit des Kauorgans eine tragende Rolle bei der Front-Eckzahnführung zukommt und Dysfunktionen entstehen können (Becker 1999; Harzer 2002).

2.3 Diagnostik bei Retentionen oberer Eckzähne

Wie bereits beschrieben, beginnt der Eckzahn seine „Wanderung in den Zahnbogen“ etwa im achten bis neunten Lebensjahr (Becker 1999, Harzer 2002). Ab diesem Zeitpunkt sollte bei Routineuntersuchungen des Gebisses auf Anzeichen von Retentionen geachtet werden (Kettle 1958; Rayne 1969; Hirschfelder und Petschelt 1986; Ericson und Kurol 1988) und bei Verdacht auf eine Retention eine kontinuierliche Verlaufskontrolle des Durchbruchweges stattfinden (Leivesley 1984). Besondere Aufmerksamkeit sollte dann aufgewendet werden, wenn in der Familienanamnese ein gehäuftes Vorkommen von impaktierten Zähnen, Nichtanlagen, oder Deckbiss zu erkennen ist (Becker 1999).

Für die kieferorthopädische Planung, Behandlung und Prognose ist die Kenntnis des Entwicklungszustands des kindlichen Gebisses von großer Relevanz (Schopf 1970).

Um einen während der klinischen Untersuchung auffallenden, vom chronologischen Alter abweichenden, Zahnstatus einschätzen zu können, kann sich der Kieferorthopäde an Dentitionstabellen (Schour und Massler 1941; Schopf 1970; Kahl 1985) orientieren. Dabei müssen auch im Knochen liegende Zahnkeime durch die Röntgendiagnostik mit berücksichtigt werden (Schopf 1970).

Nicht zuletzt ist das frühzeitige Erkennen von Eckzahnretentionen aufgrund der prospektiven Risiken, Komplikationen und Nebenbefunde von 93,2% (Hirschfelder und Petschelt 1986) zu denen Wurzelresorptionen, Zysten, ein verspäteter Zahnwechsel, Nichtanlagen und Platzmangel gehören, überaus wichtig (Hitchin 1956; Norderam et al. 1966; Brown und Matthews 1981; Ericson und Kurol 1986, 1987b, 1988, a, b, 1997; 2000a; Hirschfelder und Petschelt 1986; Bishara 1998).

Aufgrund einer ausführlichen und genauen Untersuchung der Eckzahnsituation, kann die Wahrscheinlichkeit einer Schädigung der umliegenden Zähne durch den im weiteren Therapieverlauf eventuell nötigen operativen Eingriff zur Einordnung des Eckzahnes, reduziert werden (Hitchin 1956; Leivesley 1984; Gavel und Dermaut 1999). Weiterhin ist eine exakte Kenntnis der Eckzahnlage bei geplanter Zahnentfernung hilfreich für ein schonendes Operationsvorgehen (Gavel und Dermaut 1999).

Bei Belassen eines retinierten Eckzahnes im Kiefer sollten regelmäßige Röntgenkontrollen durchgeführt werden um Resorptionen an den dem Eckzahn benachbart gelegenen Zähnen, durch ein rechtzeitiges therapeutisches Einschreiten, zu verhindern (Brin et al. 1993a).

Die aufgeführten Gründe stellen deutlich die Notwendigkeit dar, dass die Diagnostik eines verlagerten Eckzahnes anhand einer Kombination aus klinischer und röntgenologischer Untersuchung durchgeführt werden sollte (Hunter 1981; Ericson und Kurol 1987b; Bishara 1992, 1998; Mason et al. 2001).

2.3.1 Klinische Diagnostik

Die klinische Untersuchung ist von größter Bedeutung für die Diagnostik retinierter Eckzähne (Gavel und Dermaut 1999). Sie stellt dem Behandler sehr viele Informationen zur Verfügung (Hunter 1981) und oft wird ein palatinal verlagertes Eckzahn erst im Rahmen einer Routineuntersuchung durch den Zahnarzt festgestellt (Becker 1999). Die klinische Diagnostik beginnt mit einer visuellen Inspektion, durch die der Verdacht einer Retention, basierend auf unterschiedlichsten Auffälligkeiten, aufkommen kann (Kahl-Nieke 2001). Zahlreiche Autoren beschreiben einen Verdacht auf Retention, wenn der Eckzahn der kontralateralen Seite bereits durchgebrochen ist und der Milcheckzahn der betreffenden Seite persistiert (Hotz 1970; Ericson und Kurol 1986, 1987a; Bishara 1998; Gavel und Dermaut 1999; Crismani et al. 2000; Kahl-Nieke 2001), keine Lockerung ersichtlich ist oder wenn außer den Milcheckzähnen alle anderen permanenten Zähne bereits durchgebrochen sind. Auch bei fehlendem oder zapfenförmig angelegtem seitlichen Schneidezahn (Gavel und Dermaut 1999) oder wenn dieser eine auffällige protrusive Stellung hat (Ostrofsky 1974; Hunter 1981; Ericson und Kurol 1986, 1987a; Bishara 1998), ist ebenso wie bei palatinaler Vorwölbung und fehlender bukkaler Konvexität im neunten bis zehnten Lebensjahr eine weiterführende Diagnostik indiziert (Thilander und Jacobsson 1968; Hunter 1981; Leivesley 1984; Ericson und Kurol 1987a; Bishara 1998; Becker 1999; Gavel und Dermaut 1999; Ericson und Bjerklin 2001; Kahl-Nieke 2001; Harzer 2002).

An die visuelle Untersuchung ist die palpatorische Befunderhebung anzuschließen. Der Eckzahn ist bei regelrechter Eruption labial als Konvexität zu tasten (Kettle 1958; Leivesley 1984; Becker 1999). Bei Kindern, die älter als zehn Jahre sind, deutet ein labial nicht palpierbarer Eckzahn auf eine Durchbruchsstörung hin, so dass eine palatinale Palpation durchgeführt werden sollte (Ericson und Kurol 1986). Auch eine erhöhte Mobilität der Inzisivi kann bei einer Durchbruchsstörung feststellbar sein (Hunter 1981).

Die klinische Untersuchung liefert folglich wichtige Befunde, die durch Röntgenuntersuchungen bestätigt werden müssen (Adam 1970; Hunter 1981; Leivesley 1984; Ericson und Kurol 1986, 1987b; Southall und Gravely 1987; Fox et al. 1995; Bishara 1998; Shapira und Kuftinec 1998; Kahl-Nieke 2001).

2.3.2 Röntgendiagnostik

Röntgenbilder liefern dem Zahnarzt, Kieferorthopäden und Mund-Kiefer-Gesichts-chirurgen, der eine Prognose über die Einordnungsfähigkeit eines retinierten Zahnes abgeben muss, wichtige Informationen bezüglich Form, Größe, Entwicklungsstadium, Position der Krone und des Apex sowie Lagebeziehung zu anderen Zähnen und mögliche bereits entstandene Schäden. Des Weiteren ist der Parodontalspalt abschätzbar und pathologische Prozesse werden erkennbar, die eventuell den Durchbruch des Zahnes verhindern (Hitchin 1956; Hunter 1981; Rohlin und Rundquist 1984; Marxer 1985; Shapira und Kuftinec 1998; Becker 1999; Crismani et al. 2000; Hirschfelder 2000). Eine genaue Röntgenbildbeurteilung muss morphologische Details des retinierten Eckzahnes, seiner umgebenden Strukturen und seine Lage in der Maxilla mit einbeziehen (Hunter 1981).

Eine positive Prognose für den Durchbruch eines Eckzahnes (Hitchin 1956; Ericson und Kurol 1988; Becker 1999; Kahl-Nieke 2001; Harzer 2002) ist

- besonders dann gegeben, wenn röntgenologisch erkennbar ist, dass das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen ist und der Zahn noch eine natürliche Erup-tionskraft besitzt (Kahl-Nieke 2001);
- zu erwarten, wenn der Parodontalspalt sicher zu erkennen ist, so dass ausge-schlossen werden kann, dass eine Ankylose vorliegt (Kahl-Nieke 2001);
- gegeben, wenn eine vertikale Lage des Zahnes in labialer oder palatinaler Positi-on vorliegt, bei der der Apex möglichst weit mesial in der Region des ersten Prämolaren und die Krone an der distalen Seite des seitlichen Inzisivus liegt (Hitchin 1956; Ericson und Kurol 1988; Lindauer et al. 1992);
- gegeben, wenn der Winkel zwischen den Längsachsen der sich auf der Panora-maschichtaufnahme schneidenden Geraden von seitlichem Schneidezahn und Eckzahn, bei mesial geneigten Eckzähnen kleiner oder gleich 30° , oder bei distal geneigten Zähnen kleiner oder gleich 45° ist (Ericson und Kurol 1988);

- zu erwarten, wenn der Eckzahn nahe des Zahnbogens und palpierbar ist (Becker 1999);
- reduziert, wenn der Eckzahn palatinal mit der Wurzelspitze in Höhe der distalen Fläche des ersten Prämolaren und die Krone an der Mesialfläche des lateralen Incisivus zu finden ist (Hitchin 1956).

Negative Prognosen (Hitchin 1956; Lindauer et al. 1992; Crismani et al. 2000; Stivaros und Mandall 2000; Kahl-Nieke 2001; Harzer 2002) resultieren,

- wenn der Eckzahn horizontal liegt, so dass die Wurzelspitze in der Region des zweiten Prämolaren und die Krone in Höhe der Sutura palatina mediana zu finden ist (Hitchin 1956);
- wenn bei einem über 20 Jahre alten Patienten der Eckzahn weniger als 45° zur Kauebene horizontal oder seine Krone palatinal des mittleren Inzisivus liegt (Harzer 2002);
- wenn die Eckzahnkrone die Wurzel des mittleren Inzisivus um mehr als die Hälfte überlappt oder sehr hoch im Alveolarfortsatz liegt (Stivaros und Mandall 2000);
- wenn eine starke Neigung der Eckzahnkrone, in Relation zur Längsachse des seitlichen Schneidezahnes, nach mesial vorliegt (Ericson und Kurol 1988; Lindauer et al. 1992);
- wenn die Platzsituation für die Einordnung in den Zahnbogen aussichtslos oder der Platz für den Eckzahn nicht herzustellen ist, und weder der erste Prämolare noch der laterale Inzisivus kariös sind;
- wenn die Wurzel stark abgewinkelt ist (Crismani et al. 2000) oder eine Ankylosierung erkennbar wird (Kahl-Nieke 2001; Harzer 2002), die eine verminderte Einordnungsfähigkeit bedeuten würde. Bei einer solchen Vermutung sollte ein persistierender Milchzahn so lange erhalten werden, bis der impaktierte Zahn als bewegungsfähig beurteilt wird (Kahl-Nieke 2001);
- wenn kein ausreichend großes Widerstandslager, durch kariöse oder parodontal vorgeschädigte Zähne, für die Verankerung vorhanden ist, da ansonsten Folgeerscheinungen wie Intrusion; Kippung und Rotation nicht zu vermeiden sind (Harzer 2002).

Die Informationen aus der Röntgenbildbetrachtung sind sowohl für den Kieferorthopäden als auch für den Kieferchirurgen Voraussetzungen (Norderam 1966;

Ostrofsky 1974; Düker 1992; Blindhofer et al. 1997; Becker 1999; Mason et al. 2001), sich geeignete Therapiemaßnahmen zu überlegen (Adam 1970; Hunter 1981; Bishara 1992; Fox et al. 1995; Hirschfelder 2000; Stivaros und Mandall 2000). Der Mund-Kiefer-Gesichtschirurg legt anhand des Röntgenbildes das operative Vorgehen fest (Bschorer et al. 1993). Der Kieferorthopäde plant die Einordnung (Becker 1999; Stivaros und Mandall 2000) oder entscheidet über die Entfernung des Zahnes (Hitchin 1956; Droschl et al. 1977; Stivaros und Mandall 2000). Dabei beeinflussen die labio-palatinale Position der Eckzahnkrone, ebenso wie die Neigung des Zahnes zur Mittellinie des Zahnbogens, die Therapieentscheidung am stärksten (Stivaros und Mandall 2000). Bei palatinal impaktierten Eckzähnen wird häufiger eine operative Freilegung, bei im Alveolarkammverlauf oder labial gelegenen eher eine Extraktion durchgeführt (Stivaros und Mandall 2000). Bei gesunden Zähnen, guter Mundhygiene oder guter Patientenmotivation und einer Eckzahnlage mit eingeschränkter Prognose, geben erstere Faktoren den Ausschlag bei der Therapieentscheidung (Stivaros und Mandall 2000).

Durch die Röntgendiagnostik kann eine zuverlässige Aussage über das Ausmaß von Komplikationen aufgrund von Unterschieden bei den Röntgentechniken und Interpretationen problematisch sein (Ericson und Kuroi 1986; Jacoby 1983). Ebenfalls ist eine genaue Lagebestimmung von Zähnen, insbesondere von oberen Eckzähnen, aufgrund der komplizierten anatomischen Verhältnisse, häufig mit konventionellen bildgebenden Verfahren nur schwer möglich (Blindhofer 1997). Weiterhin ist zur Diagnostik einer Eckzahnverlagerung die Darstellung des Zahnes in der vertikalen und mesio-distalen Ebene nicht ausreichend, da eine Bestimmung der bucco-palatalen Beziehungen des Zahnes ebenso wichtig ist (Hitchin 1956; Jacobs 1999). Daher erfordert jede klinische Situation ein individuelles röntgenologisches Verfahren (Ericson und Kuroi 1987b; Kaeppler 2001) und eine zweite Projektionsrichtung (Marxer 1985). Eine Basisuntersuchung wie die Panoramaschichtaufnahme, welche Übersichtsdarstellungen liefert, sollten somit durch befundbezogene Untersuchungen wie z.B. den Zahnfilm, die Okklusalaufnahme oder die transversale Schichtaufnahme, zur spezielleren Abklärung der Situation, hinzugezogen werden (Rother 2001).

Becker (1999) sowie *Ericson* und *Kuroi* (1986) wiesen allerdings darauf hin, dass Röntgenaufnahmen bei Kindern unter neun Jahren mit vermuteter Eckzahnfehlstellung nicht indiziert sind, da man auf ihnen noch nicht den endgültigen Durchbruchweg erkennen kann. Das optimale Alter für eine Röntgendiagnostik liegt, bezogen auf die

individuelle Entwicklung des Kindes, zwischen zehn und 13 Jahren (Ericson und Kuroi 1987a).

- **Panoramaschichtaufnahme/ Orthopantomographie**

Die Standardröntgenaufnahme der Kieferorthopäden zur Diagnostik ist die Panoramascichtaufnahme (PSA) (Dahan 1974; Hirschfelder 1983, 1994, 2000; Southall und Gravely 1987; Sonnabend 1989; Fox et al. 1995; Gavel und Dermaut 1999; Pasler und Visser 2000; Kahl-Nieke 2001; Rother 2001; Harzer 2002). Die erste Beschreibung dieser Pantomographie-Technik zur Darstellung von gebogenen Strukturebenen erfolgte 1939 durch Heckmann. 1949 wurde von Paatero der Pantomograph in die Praxis umgesetzt. Durch die Einführung von drei Rotationszentren (1958) entstand die Orthopantomographie als spezielle Form der Panoramascichttechnik. Diese kann die Zahnreihen annähernd orthoradial zur Abbildung bringen.

Die PSA ist aufgrund ihres kleinen Schichtwinkels von 8 bis 13° eine Zonographie mit wechselnden Schichtdicken. Die Schichtdicke ist von dem Radius und der Blendenbreite abhängig. Durch die orthoradiale Strahlung entsteht im anterioren Bereich eine dünnere, ca. 0,9 cm und posterior eine breitere, ca. 2,8 cm Schicht (Rowse 1971; Seidel 1974; Heckmann 1984; Marxer 1985; Becker 1999; Hirschfelder 2000; Pasler und Visser 2000; Kaeppeler 2001; Rother 2001).

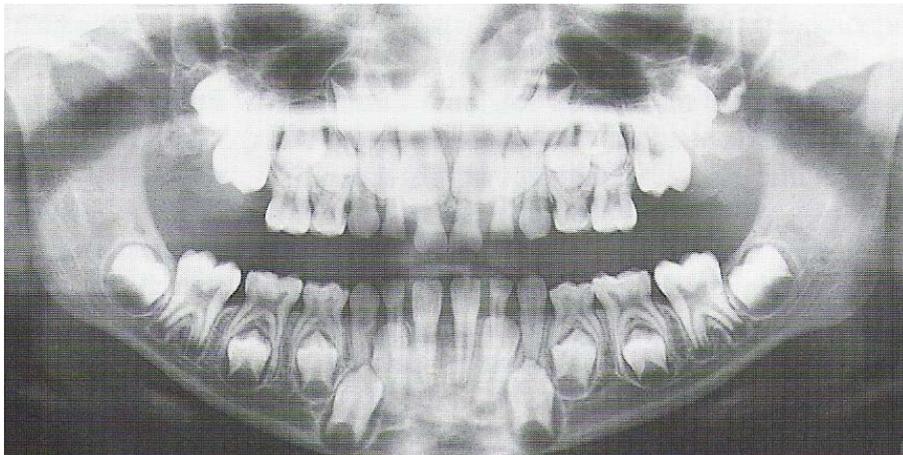


Abb. 2.1: Panoramascichtaufnahme eines sechsjährigen Kindes

Die PSA bietet dem Betrachter eine Übersicht über Ober- und Unterkiefer sowie umliegende Strukturen in vertikaler und sagittaler Richtung (Schopf 1966; Seidel 1974; Marxer 1985; Wyatt et al. 1995; Hirschfelder 2000; Pasler und Visser 2000; Rother

2001). Durch die PSA kann zur Einschätzung der Zahnentwicklung (Schopf 1966; Hirschfelder 1983; Marxer 1985) ein Vergleich der Dentition zwischen rechter und linker Seite angestellt werden (Hirschfelder 2000; Harzer 2002). Ebenfalls besteht die Möglichkeit, die vertikale und mesio-distale Position eines Zahnes und seine Durchbruchrichtung zu beurteilen (Zäschke und Schopf 1975; Leivesley 1984; Marxer 1985; Wyatt et al. 1995; Hirschfelder 2000). Nichtanlagen werden offensichtlich und es kann festgestellt werden, in welcher Reihenfolge die Zähne in der Stützzone durchbrechen werden. Dies ermöglicht dem Kieferorthopäden eine Einschätzung des zur Verfügung stehenden Platzes für den Eckzahndurchbruch, da erkennbar wird, ob die für den Eckzahn vorgesehene Lücke von distal, durch einen vorher in die Mundhöhle durchbrechenden Zahn, verkleinert wird (Harzer 2002).

Die bei Eckzahnverlagerungen für Prognose und Therapie wichtige Lagebestimmung des Zahnes in der oro-vestibulären Ebene sowie eine Diagnostik von Schädigungen an Schneidezähnen im Sinne von Wurzelresorptionen durch retinierte Eckzähne, ist durch die Panoramaschichtaufnahme nicht möglich. (Schopf 1966; Dahan 1974; Zäschke und Schopf 1975; Marxer 1985; Ericson und Kurol 1987a; Düker 1992; Kaeppler et al. 1995; Freisfeld et al. 1999; Crismani 2000; Hirschfelder 2000; Pasler und Visser 2000). Allerdings lässt sich durch die Einteilung der Region des lateralen Inzisivus in Sektoren I bis IV im späten Wechselgebiss eine eventuelle Impaktion des Eckzahnes prognostizieren, da die Wahrscheinlichkeit einer Impaktion bei Lage der Krone in den distalen Sektoren I und II geringer ist als bei Lage in den mesialen Sektoren III und IV (Lindauer et al. 1992).

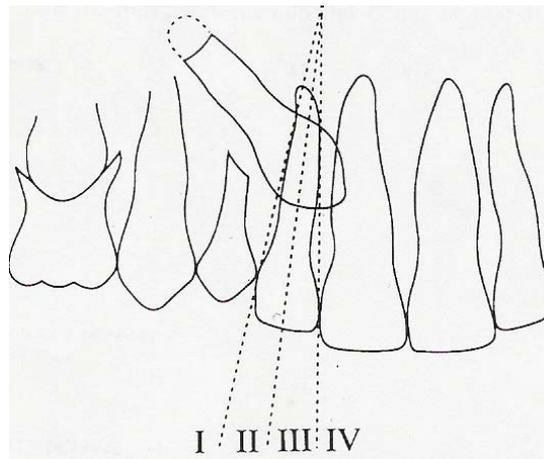


Abb. 2.2: Sektoreneinteilung des lateralen Inzisivus durch Lindauer et al. 1992

I= distal der distalen Tangente des lateralen Inzisivus, II= Fläche zwischen der distalen Tangente und der Längsachse des seitlichen Schneidezahnes, III= Region zwischen der Längsachse und der mesialen Tangente des seitlichen Schneidezahnes, IV= mesial der mesialen Tangente des lateralen Inzisivus

Die Panoramaschichtaufnahme bietet weiterhin Anhaltspunkte für eine bukkale oder palatinale Lage der Canini (Fox et al. 1995). *Fox et al.* (1995) beschreiben Zähne, die außerhalb der Schicht lingual liegen, auf der PSA als vergrößert, bukkal liegende Zähne als verkleinert dargestellt. Eine genaue Aussage über eine palatinale Kronenverlagerung wurde so in ungefähr 80% der Fälle möglich, so dass diese Aufnahmetechnik allein nicht zur Lagebestimmung ausreicht, eine weiterführende Röntgendiagnostik aber einleiten kann.

Die Lokalisation retinierter Eckzähne auf einer PSA durch einen Schärfen- und Größenvergleich wird durch *Pasler und Visser* (2000) erwähnt. Eine verzerrte Projektion bei der die Krone und die Wurzel unterschiedlich breit und scharf dargestellt sind entsteht bei schräg im Strahlengang liegenden retinierten Zähnen. Zahnanteile, die hinter der Schicht liegen (palatinal), werden verbreitert und unscharf dargestellt. Bei Lage vor der Schicht (vestibulär) entsteht eine schmalere und unscharfe Wiedergabe.

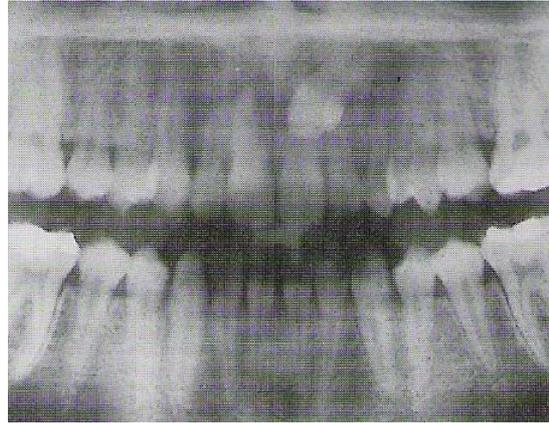


Abb. 2.3: Eckzahndarstellung bei palatinaler Lage außerhalb der Schicht
Referenzobjekt zum Grössenvergleich des retinierten Eckzahn 23 ist der Zahn 13. 23 stellt sich verbreitert dar.

Wenn ein Zahn axial abgebildet ist, liegt er quer zum Kieferabschnitt. Es kann nicht eindeutig geklärt werden, wo sich Krone und Wurzel befinden.

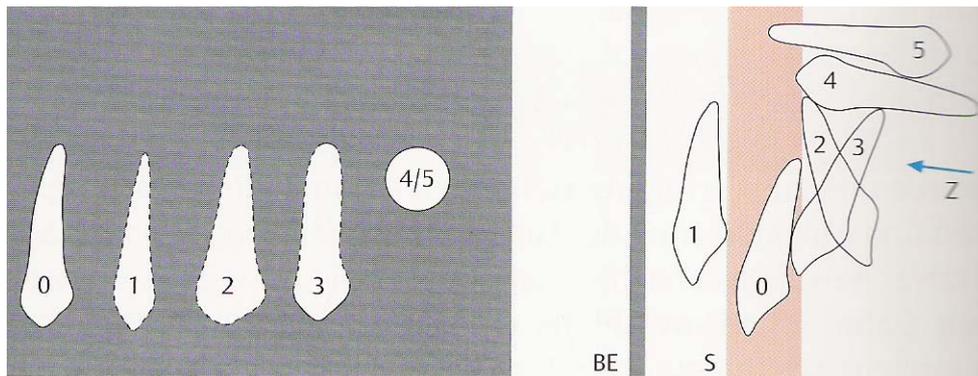


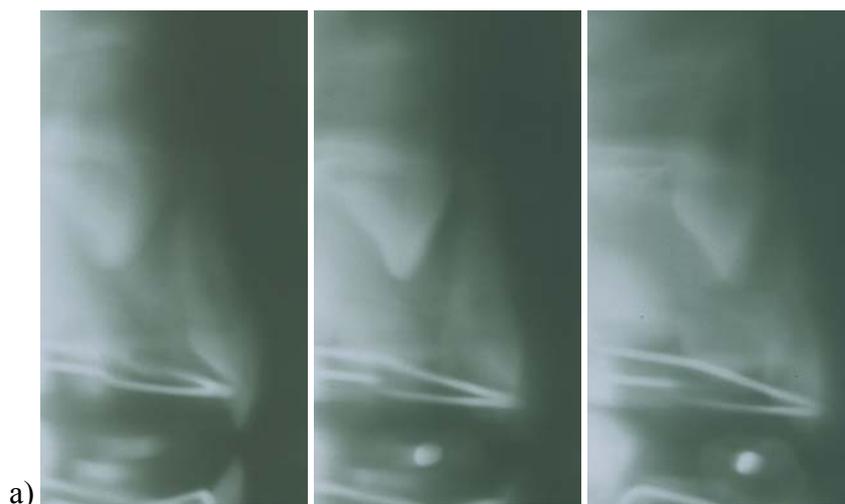
Abb. 2.4: Schematische Darstellung von variierenden Positionen retinierter Eckzähne
0: Zahn liegt in der Schicht (S) und wird auf dem Röntgenfilm (BE) scharf dargestellt
1: Zahn ist vor der Schicht gelegen und ist unscharf und verschmälert dargestellt
2+3: ganz oder in Teilen hinter der Schicht gelegener Zahn. Die Bildwiedergabe ist ganz oder teilweise verbreitert und unscharf dargestellt
4+5: bei axialer Wiedergabe des Zahnes, liegt er quer zum Verlauf des Kieferkamms
Z: Zentralstrahl

Pasler und Visser (2000) heben allerdings hervor, dass nur einfache Röntgenbefunde in Kombination mit der klinischen Palpation und bei ausreichender Erfahrung zu einer zufriedenstellenden Beurteilung der Lage führen. Eine genauere Bestimmung von Lagebeziehungen, insbesondere bei retinierten Zähnen mit ungewöhnlicher Position, kann erst durch Ergänzung der PSA um eine zweite Ebene erfolgen (Hitchin 1956;

Marxer 1985; Düker 1992; Hirschfelder 2000; Pasler und Visser 2000). Zur Klärung der vestibulo-oralen Lage können dann Zahnfilme mit orthoradialen, mesial- oder distalex-zentrischen Projektionen (Parallaxemethode) (Shapira und Kuftinec 1998; Becker 1999; Hirschfelder 2000; Harzer 2002), Aufbissaufnahmen/ Okklusalaufnahmen (Hirschfelder 1983; Sonnabend 1988; Southall und Gravely 1989; Shapira und Kuftinec 1998; Becker 1999; Hirschfelder 2000), transversale Schichtaufnahmen (Ziegler et al. 1999; Pasler und Visser 2000; Kaeppler 2001; Rother 2001; Fuhrmann et al. 2003), die digitale Volumentomographie (Kaeppler 2001; Fuhrmann et al. 2003) sowie in besonderen Fällen auch die Computertomographie (Ericson und Kurol 1987b; Becker 1999; Hirschfelder 2000; Kaeppler 2001) Verwendung finden.

- **Transversale Schichtaufnahme**

Wie in der modernen Literatur beschrieben, stellt die transversale Schichtaufnahme (TSA) eine zweite Ebene zur Panoramaschichtaufnahme dar (Fuhrmann 1998; Ziegler et al. 1999; Pasler und Visser 2000; Kaeppler 2001; Rother 2001; Fuhrmann et al. 2003), weil sie die anatomischen Gegebenheiten in der vestibulo-oralen Richtung wiedergibt (Kaeppler 1998; Rother 2001). Dies ermöglicht, aufgrund der Betrachtung zweier Röntgenaufnahmen in mesio-distaler und bucco-lingualer Ebene, einen dreidimensionalen Eindruck der gewünschten Kieferregion (Fuhrmann 1998), so dass durch die TSA neue Informationen bezüglich der oralen Situation vermittelt werden (Kaeppler et al. 1997).



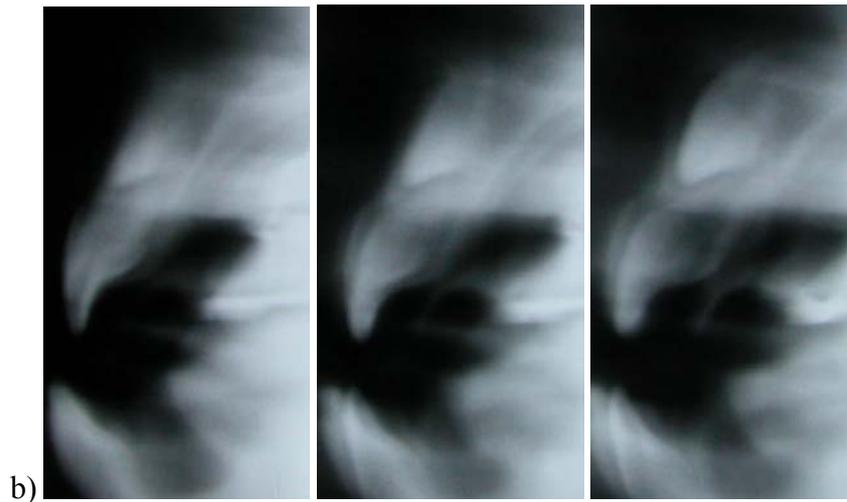


Abb. 2.5: Transversale Schichtaufnahmen einer palatinalen (a) und vestibulären (b) Eckzahnverlagerung

Transversale Schichtaufnahmen sind als Zusatzprogramme von modernen Panoramageräten verfügbar (Pasler und Visser 2000; Rother 2001). Sie werden bei den unterschiedlichen Herstellerfirmen entweder durch die Panoramascichttechnik oder durch das Prinzip der konventionellen Tomographie, mit linearer oder spiralförmiger Verwischung, realisiert (Fuhrmann et al. 2003).

Anwendung findet diese Aufnahmetechnik hauptsächlich in der präimplantologischen Planung, da sie das oro-vestibuläre Knochenangebot des Alveolarkamms gut darstellt und eine Überwachung der Implantatversorgung möglich macht. Weiterhin kann sie eingesetzt werden, um den Nervkanal bei retinierten Weisheitszähnen, Wurzelresten oder verlagerten Zähnen vor deren operativen Entfernung, oder raumfordernde Strukturen in bucco-lingualer Richtung darzustellen. Darüber hinaus kann sie vor der Freilegung verlagelter Zähne zur kieferorthopädischen Einstellung hinzugezogen und auch zur postoperativen Nachkontrolle genutzt werden (Kassebaum et al. 1990; Miller et al. 1990; Segelmann 1991; Bschorer et al. 1993; Kaeppler und Meyle 1995; Kaeppler et al. 1995, 1997; Fuhrmann 1998; Kaeppler 1998, 2001; Ziegler et al. 1999; Pasler und Visser 2000; Rother 2001).

Eine Anfertigung von digitalen transversalen Schichtaufnahmen ist für alle mit Zusatzprogrammen aufrüstbaren Geräte möglich, wobei die Sensortechnik nur im Fall der Schlitzblendentechnik zu erreichen ist, da ansonsten Speicherfolien verwendet werden müssen (Fuhrmann et al. 2003).

- **Zahnfilm/ Parallaxemethode**

Der Zahnfilm stellt als befundbezogene Untersuchungsmethode einige der wichtigen Kriterien, die für die Eckzahnprognose ausschlaggebend sind, wie das Stadium des Wurzelwachstums, die Erkennbarkeit des Parodontalspaltes und die Abweichungen der Wurzelspitze sowie Wurzelresorptionen, aufgrund seines wesentlich höheren Auflösungsvermögens besser dar als die PSA (Hitchin 1956; Düker 1992; Becker 1999; Rother 2001; Harzer 2002).

Der Zahnfilm vermittelt häufig den Eindruck einer gedrängten Zahnsituation (Jacoby 1983), gibt aber Aufschluss über die mesio-distale und vertikale Position des retinierten Eckzahnes (Bishara 1998). Über die labio-palatinal Lage zu den anderen Zähnen sagt er hingegen nichts aus (Hitchin 1956; Jacoby 1983; Becker 1999).

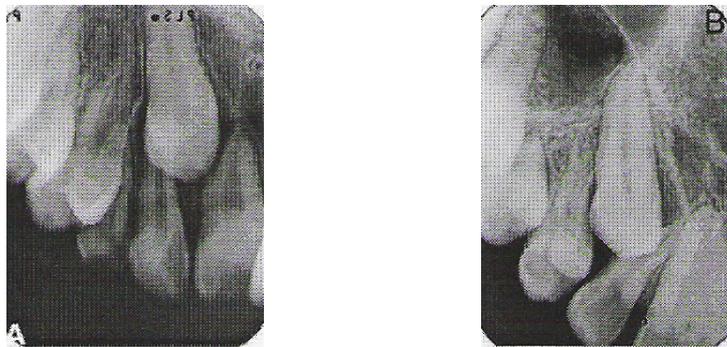


Abb. 2.6: Zwei Eckzahnverlagerungen dargestellt durch Zahnfilme

Retinierte Eckzähne 13 überlappen die Wurzeln der seitlichen Schneidezähne. Die sagittale Lage von 13 ist jeweils nicht zu beurteilen.

Ericson und Kurol (1987a) ermittelten allerdings, dass eine palatinal Verlagerung von Eckzähnen in 92% der Fälle ausreichend genau durch den Zahnfilm eingeschätzt werden kann und *Keur* (1986) gab an, dass lingual und palatinal liegende scharf und bukkal verlagerte Zähne ungenauer erkennbar sind.

Da der Zahnfilm in orthoradialer Tubusführung für die Diagnostik einer Bukkal- oder Palatinallage nicht ausreichend ist, empfehlen einige Autoren die Parallaxemethode (Clark 1909; Holmes und Nashed 1990; Düker 1992; Bishara 1998; Hirschfelder 2000; Pasler und Visser 2000; Harzer 2002). Diese Röntgentechnik benötigt neben dem orthoradialen Röntgenbild eine mesial- oder distalexzentrische Projektion. Diese Röntgenbilder werden nach der Clark-Regel (Clark 1909) beurteilt, welche besagt, dass ein Zahn bukkal liegt, wenn er sich gegenläufig zur Projektionsrichtung bewegt und dass er im Alveolarfortsatz zu finden ist, wenn er sich bei den verschiedenen Einstellungen

nicht bewegt. Ein Zahn befindet sich entsprechend dieser Regel palatinal, wenn er eine mit der Projektionsrichtung gleichgerichtete Bewegung macht (Clark 1909; Hunter 1981; Sonnabend 1988; Becker 1999; Hirschfelder 2000; Pasler und Visser 2000; Harzer 2002).

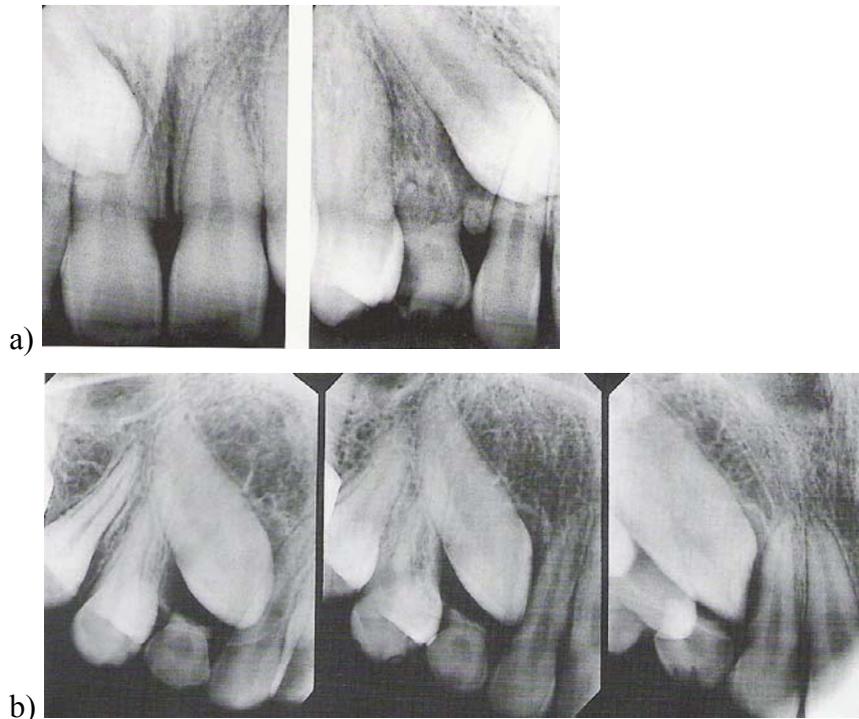


Abb. 2.7: Parallaxemethode

a) links: orthoradiale Strahlerpositionierung. Die Eckzahnkrone überlagert die Wurzel des mittleren Schneidezahnes.

rechts: distalexzentrische Röhrenposition. Der Eckzahn folgt der Projektionsrichtung des Strahlers und überdeckt die Wurzel des 12. Der Eckzahn liegt somit palatinal.

b) von links nach rechts: distalexzentrische, orthoradiale, mesialcentrische Projektion. Der Zahn 13 scheint sich gegenläufig zur Projektionsrichtung zu bewegen. Der Zahn liegt somit labial.

- **Aufbissaufnahme/ Okklusalaufnahme**

Aufbissaufnahmen mit axialem Strahlengang stellen eine zweite Ebene für die intraorale Diagnostik dar (Becker 1999; Rother 2001). Die axiale Aufbissaufnahme ist allerdings für die Röntgendiagnostik des Unterkiefers vorbehalten (Sonnabend 1988; Rother 2001) und kann hier Informationen über die bucco-linguale Lage eines Zahnes geben (Becker 1999). Im Oberkiefer müsste mit der axialen Technik eine zu hohe Dosis aufgewendet

werden, um alle Schädelstrukturen durchleuchten zu können (Rother 2001). Damit die Strahlenexposition so gering wie möglich gehalten wird und eine gute Aufnahmequalität gesichert ist, werden im Oberkiefer, zur Einschätzung von verlagerten Zähnen, Halbwinkeleinstellungen- halbaxiale Aufbissaufnahmen- angefertigt, die einer Zahnfilmaufnahme mit großem Film (5x7cm) entsprechen (Sonnabend 1988; Pasler und Visser 2000; Rother 2001). Damit kann im Oberkiefer mit dem Okklusalaufnahmeverfahren keine echte zweite Ebene realisiert werden (Rother 2001).

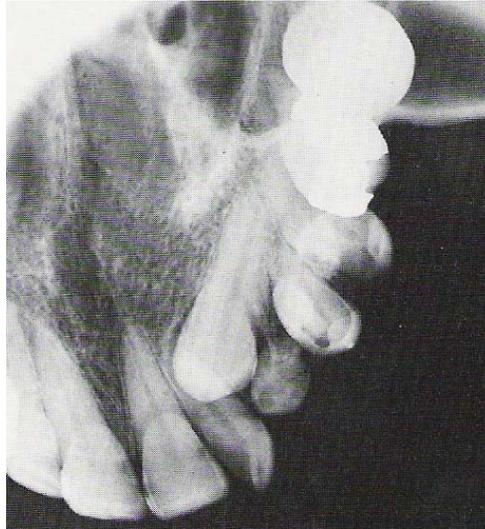


Abb. 2.8: Aufbissaufnahme einer Eckzahnverlagerung

Es ist nicht mit Gewissheit zu erkennen, ob die Eckzahnkrone palatinal oder vestibulär der Wurzelle des seitlichen Schneidezahnes liegt.

Eine genaue Lagebestimmung des retinierten Eckzahnes zum mittleren und seitlichen Schneidezahn ist häufig nicht eindeutig möglich. Auch die Schärfe des Eckzahnes kann über seine Lage keine exakte Auskunft geben (Sonnabend 1988).

- **Computertomographie**

Die Computertomographie (CT) ist ein radiologisch-diagnostisches Verfahren, mit dem durch einen um den Körper rotierenden fächerförmigen Röntgenstrahl, Schwächungswerte eines Körperquerschnittes registriert werden (Sitzmann 1988). Bis zu 4000 Schwächungswerte können aufgenommen werden, die als Grauwerte auf einem Monitor dargestellt werden (Rother 2001). In der Regel werden mit der Computertomographie axiale Schichten dargestellt.

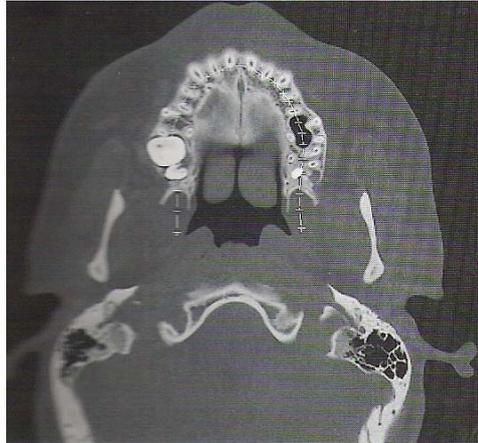


Abb. 2.9: Axiale Schicht des Oberkiefers

Die axialen Schnitte können in einer Knochen- und Weichteilwichtung betrachtet werden. Aus den zur Verfügung stehenden digitalen Messwerten, können ohne erneute Aufnahme, sekundäre Rekonstruktionen verschiedener Schnittebenen sowie dreidimensionale Oberflächendarstellungen, angefertigt werden (Hirschfelder und Hirschfelder 1993; Hirschfelder 1994; Kaepler 1998, 2001; Rother 2001).

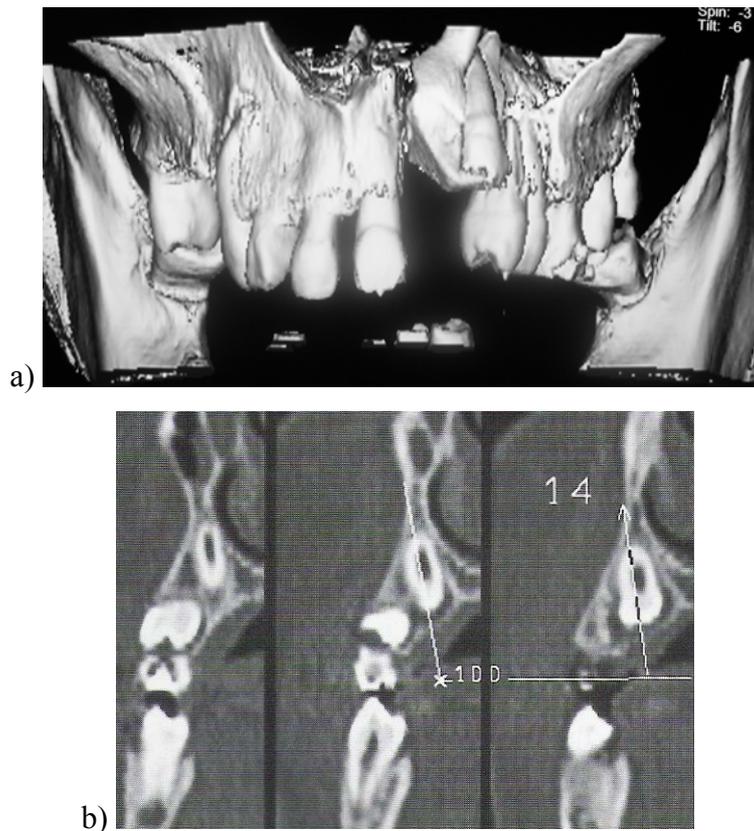


Abb. 2.10: Sekundäre Rekonstruktionen

- a) Dreidimensionale Oberflächendarstellung des Phantom-Schädels
- b) Darstellung verschiedener Schnittebenen

Dental-CT Programme bieten zusätzlich die Möglichkeit der Panoramadarstellung des Kiefers, wobei kein gesamter Kiefer, sondern lediglich bestimmte Schichten des Kiefers dargestellt werden (Hirschfelder 1994; Kaeppler 2001).

Die Computertomographie unterliegt nicht den Limitationen der herkömmlichen Röntgentechniken (Ericson und Kurol 1988a, 2000b; Schmuth et al. 1992; Schüller und Freisfeld 1992; Preda et al. 1997) und erstellt überlagerungs- und verzerrungsfreie, hoch aufgelöste und maßstabgetreue Panoramanschnittbilder, mit einer konstanten Vergrößerung von 1:1 (Clark et al. 1990; Hirschfelder 1994, 2000; Kornas et al. 1998; Kaeppler 2001), in wählbaren Schichten und Schichtdicken von 2mm (Kaeppler 2001) bis einen Millimeter (Hirschfelder 1992, 1994).

Die CT-Aufnahmetechnik wurde 1971 von Hounsfield und Cormack unabhängig voneinander beschrieben (Rother 2001). Seither erlangt sie klinischen Einsatz und unterliegt einer kontinuierlichen Weiterentwicklung (Hirschfelder 1992; Hirschfelder und Hirschfelder 1993; Kaeppler 2001; Rother 2001), so dass sie seit Beginn der achtziger Jahre zunehmend bei kieferorthopädischen Fragestellungen eingesetzt wird (Hirschfelder und Hirschfelder 1984, Hirschfelder 1991). CT-Aufnahmen werden zu kiefergelenksdiagnostischen Zwecken angefertigt (Hirschfelder und Hirschfelder 1984; Hirschfelder 1992; Hirschfelder und Hirschfelder 1993) und ermöglichen bisher unbekannte Erkenntnisse über komplexe Fehlentwicklungen der Kiefer und des Schädels (Hirschfelder und Hirschfelder 1984; Hirschfelder 1991, 1992; Hirschfelder und Hirschfelder 1993). Da die Computertomographie einen hohen Informationswert zur sicheren Klärung der klinischen Situation hat (Schüller und Freisfeld 1992; Becker 1999; Hirschfelder 2000; Harzer 2002), wird sie auch zur implantologischen Diagnostik (Kornas et al. 1998; Kraut 1998; Au-Yeung et al. 2001; Cavalcanti et al. 2002), zur Frakturdiagnostik (Tanrikulu und Erol 2001) oder zur genauen topographischen Bestimmung verlagelter Zähne angefertigt (Ericson und Kurol 1988a; Feifel et al. 1991; Schmuth et al. 1992; Becker 1999; Sellerer und Hirschfelder 1999).

Ein Problem für die Diagnostik von CT-Aufnahmen sind Metallartefakte, durch die wichtige Strukturen verdeckt sein können (Ericson und Kurol 2000b; Kaeppler et al. 2001; Rother 2001; Heurich et al 2002).

- **Digitale Volumentomographie**

Durch die digitale Volumentomographie (DVT) besteht seit 1997 die Möglichkeit, der Computertomographie vergleichbare Rekonstruktionen in dreidimensionaler Ebene für die Kieferregion zu erstellen (Mozzo 1998; Möbes 1999; Hirsch et al. 2000a, b; Kaepler 2001; Cohnen 2002; Heurich et al. 2002; Ziegler et al. 2002). Die Kosten sowie die Strahlendosis sind geringer als bei der CT-Aufnahme (Hirsch et al. 2000a, b; Ziegler et al. 2002; Ludlow et al. 2003). Die Strahlendosis basiert auf einer maximalen Dosisreduktion, da das Gerät automatisch die kleinste notwendige Strahlenexposition zur adäquaten Durchleuchtung des Objekts misst (Möbes et al. 1999). Die Auflösung von CT-Bildern wird nicht erreicht, allerdings ermöglicht die Ergänzung der Standard-techniken durch die DVT die meisten radiologischen Fragestellungen des zahn-, mund- und kieferheilkundlichen Bereichs, allein mithilfe von zahnärztlichen Röntgen-einrichtungen, beantworten zu können (Fuhrmann et al. 2003).

Während des Aufnahmeverfahrens erfasst der digitale Volumentomograph mithilfe eines konusförmigen, gepulsten Strahlenbündels, ein zylinderförmiges Volumen des Kopfes (Mozzo et al. 1998; Hirsch et al. 2000a, b; Rother 2001; Cohnen 2002; Heurich et al. 2002; Ziegler et al. 2002). Zu Beginn der Aufnahmesequenz wird eine Übersichtsdarstellung (Scout View frontal und lateral) und dann eine Aufnahmefolge von 360 einzelnen Röntgenprojektionen während einer Drehbewegung von 360° um den Patienten, angefertigt. Die Untersuchungszeit bei der DVT dauert ungefähr 76 Sekunden (Mozzo et al. 1998; Möbes et al. 2000; Heurich et al. 2002), wobei die tatsächliche Belichtungszeit lediglich 36 Sekunden beträgt. Das weitere Vorgehen, die Festlegung der Achse der Primärrekonstruktion zum Erhalt der axialen Schichten, erfolgt am Computer, so dass Sekundärrekonstruktionen, wie sagittale, koronale, transversale Schnitte und 3D-Rekonstruktionen, errechnet werden können (Mozzo et al. 1998; Möbes et al. 2000; Kaepler 2001; Heurich et al. 2002; Ziegler et al. 2002).

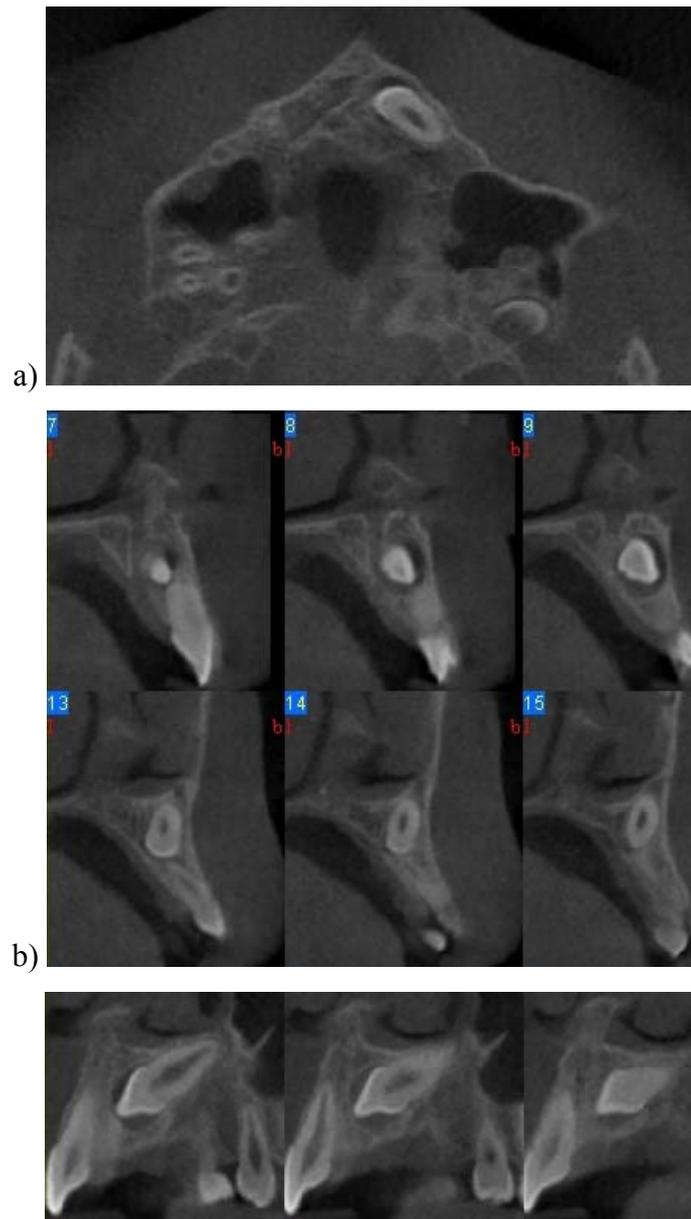


Abb. 2.11: Axiale Darstellung (a) und zwei transversale Schnitte (b) einer Eckzahnverlagerung dargestellt durch die DVT

Laut der novellierten Röntgenverordnung vom 1. Juli 2002 kann eine DVT durch einen Zahnarzt, der eine zusätzlich erworbene Fachkunde besitzt, selbständig ausgeführt, CT- und Dental-CT Aufnahmen müssen durch den Radiologen angefertigt werden (Hirsch et al. 2000a; Kaeppler 2001). Weiterhin können Rekonstruktionen ohne Anfertigung einer neuen Aufnahme hergestellt werden, es liegt eine konstante Vergrößerung vor und die Bildnachbearbeitung ist vielfältig (Kaeppler 2001). Auch die Artefaktbildung durch metallische Zahnrestorationen ist, im Gegensatz zum CT, bei der digitalen Volumentomographie von geringer Bedeutung (Heurich et al. 2002). Ein Nachteil ist die man-

gelnde Darstellungsfähigkeit von Weichgewebe (Möbes et al. 2000; Heurich et al. 2002).

Mit der DVT ist eine räumliche Betrachtung der Strukturen des Zahnes, Zahnhalteapparates, des Alveolarfortsatzes, der Corpus-Region und der benachbarten Strukturen des Ober- und Unterkiefers möglich, daher umfasst ihr Indikationsspektrum Fragestellungen, die durch konventionelle Röntgenverfahren nicht zufrieden stellend beantwortet werden können (Hirsch et al. 2000a, b). Dies sind die Darstellung verlagerter und/oder retinierter Zähne in Relation zu ihren Nachbarstrukturen, die Darstellung von knöchernen Defekten: Zysten, Tumoren, chronisch-entzündliche Prozesse, die Fraktur- und präimplantologische Diagnostik, die Fremdkörperlokalisation sowie die Kieferhöhlendiagnostik (Mozzo et al. 1998; Möbes et al. 1999; Hirsch et al. 2000a, b).

• **Dosiswerte der Röntgenmethoden**

Allgemein beschreibt der Dosisbegriff in der Radiologie die an einen Stoff pro Masseneinheit verabreichte Strahlungsenergie (Kaufmann et al. 2001; Rother 2001).

In der Literatur werden für ein Röntgenverfahren häufig unterschiedliche Dosiswerte und -größen angegeben, da es kein einheitliches Messverfahren gibt. Dies erschwert einen Vergleich der Ergebnisse sehr (Lecomber et al. 2001).

Dosismessungen können anhand von klinisch-dosimetrischen Studien an Patienten, Messungen an Dosimetriephantomen und durch Computersimulationen vorgenommen werden. Die Messungen an einem Phantom sind am besten geeignet (Pasler und Visser 2000).

Die wichtigsten Dosisgrößen allgemein sind die Ionendosis, die Energiedosis und die Äquivalentdosis bzw. die effektive Dosis (Pasler und Visser 2000).

Folgend sind für verschiedene Röntgentechniken die durch mehrere Autoren ermittelten Dosiswerte, als Energiedosis und als Effektive Dosis, aufgeführt.

Energiedosis:

- Grösse für die am Patienten zu erwartenden Strahleneffekte
- Einheit: Gray (Gy)
- die in einem beliebigen Material absorbierte Energie, bezogen auf die Masse des Materials (Kaufmann et al. 2001; Rother 2001)

Äquivalentdosis:

- Grösse im Strahlenschutz verwendet (Risiko zur Kanzerogenese)
- Einheit: Sievert (Sv)
- berücksichtigt die unterschiedlichen, von der jeweiligen Strahlenart abhängigen Ionisationsdichten (Strahlenqualität bzw. Strahlenwichtungsfaktor), da dieselbe absorbierte Dosis nicht grundsätzlich dieselben biologischen Veränderungen im Material hervorruft
- gilt für ein Organ bzw. einen Körperabschnitt (Kaufmann et al. 2001; Rother 2001)

Effektive Dosis:

- Einheit: Sievert (Sv)
- zur Einschätzung des Gesundheitsrisikos nach einer Ganzkörperbestrahlung wird die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit einzelner Organe und Gewebe (Gewebewichtungsfaktoren) einbezogen
- Summe der Äquivalentdosen verschiedener Organe und Gewebe unter Berücksichtigung der Gewebewichtungsfaktoren (Kaufmann et al. 2001; Rother 2001)

Für die Strahlenexposition des Mittelgesichts lässt sich für eine Panoramaschichtaufnahme eine mittlere Energiedosis von 0,4-0,5mGy ermitteln (Rother 2001). Die maximale Energiedosis einer konventionellen sowie einer digitalen PSA für die Hautoberfläche im Nackenbereich liegt bei maximal 0,56mGy, da sich für beide Aufnahmeverfahren keine erwähnenswerten Unterschiede der Belichtungsparameter ergeben (Rother 2001). Maximaldosen zur Strahlenexposition des Mittelgesichts von 0,25, 0,61 und 0,65mGy durch eine konventionelle PSA werden von anderen Autoren beschrieben (Lecomber et al. 2000, 2001; Möbes et al. 2000; Cohnen et al. 2002).

Durch *Visser* (1999) wird für eine PSA an dem Siemens Orthophos[®]-Röntgengerät eine Energiedosis von 0,008mGy für die Augenlinse, als Risikoorgan, angegeben. Durch *Rother* (2001) eine Energiedosis von 0,015mGy.

Visser (1999) ermittelte für transversale Schichtaufnahmen mit dem Eckzahnprogramm Werte von 0,008-0,013mGy.

Für konventionelle Zahnfilme wurden, je nach verwendetem Röntgenfilm, für das Gebiet der Augenlinse Strahlenexpositionen von 0,09-0,22mGy evaluiert. Bei digitalen Zahnfilmen lagen die Werte zwischen 0,054 und 0,11mGy (Rother 2001).

Bei einer Oberkieferaufbissaufnahme konnte durch *Visser* (1999) für die Messung an der Augenlinse eine Energiedosis von 0,029mGy gemessen werden.

Bei der Anfertigung von Computertomographien fällt im Vergleich zu konventionellen Aufnahmetechniken eine hohe Strahlendosis an (Clark et al. 1990; Bschorer et al. 1993; Fuhrmann 1998; Hassfeld et al. 1998; Ziegler 1998; Cohnen et al. 2002; Harzer 2002; Fuhrmann et al. 2003). Die mittlere Energiedosis einer Mehrzeilen-Spiralcomputertomographie für das Mittelgesicht beträgt maximal 23mGy (Röhrenstärke= 94mA). Die einer dosisreduzierten CT beträgt 11mGy (bei 60mA) bzw. 6mGy (bei 43mA). Die Maximalwerte der Strahlenexposition einer digitalen Volumentomographie wurden im Bereich der oberen ersten Molaren ermittelt und liegen bei 4,2mGy (Möbes et al. 2000; Cohnen et al. 2002).

Werden die effektiven Dosiswerte betrachtet, so ist nach *Ewen* (1998) die Strahlenexposition bei computertomographischen Röntgenuntersuchungen mit 2mSv zehnmal so hoch wie bei konventionellen Schädelaufnahmen mit 0,2mSv.

Gegenüber einer Dental-CT-Untersuchung, mit Werten zwischen 0,16mSv (Spiraltechnik) und 0,4mSv (Schichttechnik), ist die Belastung der Schilddrüse bei der Panoramaaufnahme mit 0,003mSv vergleichsweise niedrig (*White* 1992).

Durch *Cohnen et al.* (2002) wurde eine fünf Mal höhere effektive Dosis bei der CT mit normalen Parametern (0,61mSv) gegenüber der DVT (0,11mSv) ermittelt und eine um 35% höhere Dosis durch die low-dose CT. Die PSA (0,01mSv) hat eine um den Faktor 13 geringere effektive Dosis als die low-dose CT und eine um den Faktor 10 geringere effektive Dosis als die DVT.

Lecomber et al. (2001) berechneten die effektiven Dosen sowohl mit, als auch ohne Einbeziehung des Speicheldrüsengewebes, da dieses in jeder Messung die höchsten Organdosiswerte hervorbrachte. Die effektive Dosis ohne die Organdosen der Speicheldrüsen betrug für die PSA 0,004mSv, für die TSA 0,002mSv und für die CT-Aufnahme einen Wert von 0,314mSv. Die Werte mit Speicheldrüsengewebe lagen zwischen zwei und fünf Mal höher.

Bei *Ludlow et al.* (2003) wurde für die DVT eine effektive Dosis von 0,036mSv ohne die effektive Organdosis der Speicheldrüsen errechnet. Für die digitale Panoramaaufnahme ergab sich ein Wert von 0,006mSv, was eine 3-7 Mal geringere Dosis zur DVT bedeutet.

Visser (1999) und *Visser et al.* (2000) haben für die Panoramaschichttechnik, bei der Anwendung konventioneller Geräte, eine effektive Dosis von 0,016-0,021mSv und bei digitalen Geräten eine von 0,005 bzw. 0,014mSv gemessen. Die Reduktion der Strahlung durch die Realisierung der digitalen Bildverarbeitung liegt für die Panoramaschichtaufnahme, durch bereits verwendete Verstärkerfolien, bei nur 10% (*Hassfeld et al.* 1995) bis 40% (*Hassfeld et al.* 1997).

Für transversale Schichtaufnahmen im Eckzahnbereich wurden Messwerte von 0,004mSv angegeben. Bei Oberkieferaufbissaufnahmen lag die effektive Dosis bei 0,0008mSv (*Visser* 1999).

3 Patienten und Methodik

3.1 Patienten

Vorliegende Studie basiert auf zwischen 1996 und 2001, von 24 Patienten im Alter zwischen acht und 21 Jahren- Durchschnittsalter 13,7 Jahre-, in der Poliklinik für Röntgendiagnostik im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf, angefertigten Panorama-, sowie transversalen Schichtaufnahmen. Diese wurden nach Indikationsstellung zur exakten Lokalisation von retinierten und verlagerten Eckzähnen des Oberkiefers durch die Poliklinik für Kieferorthopädie angefertigt.

Von den 24 Patienten waren 13 weiblich und 11 männlich.

Seit 1996 waren im Datenarchiv der Poliklinik für Röntgendiagnostik 159 transversale Schichtaufnahmen für den maxillären Bereich des Schädels archiviert. Hieraus wurden diejenigen aussortiert, die nicht in der Poliklinik für Kieferorthopädie behandelt wurden.

Es verblieb ein Patientengut von 61, das sich aufgrund abweichender kieferorthopädischer Fragestellungen (es lagen keine Eckzahnretentionen vor) oder nicht ausreichender Qualität der Röntgenaufnahmen auf insgesamt 24 Patienten für diese Studie reduzierte.

Da drei der Patienten eine bilaterale maxilläre Eckzahnretention aufwiesen, lagen für eine Beurteilung der Bildqualität und Aussagekraft 27 transversale Schichtaufnahmen vor.

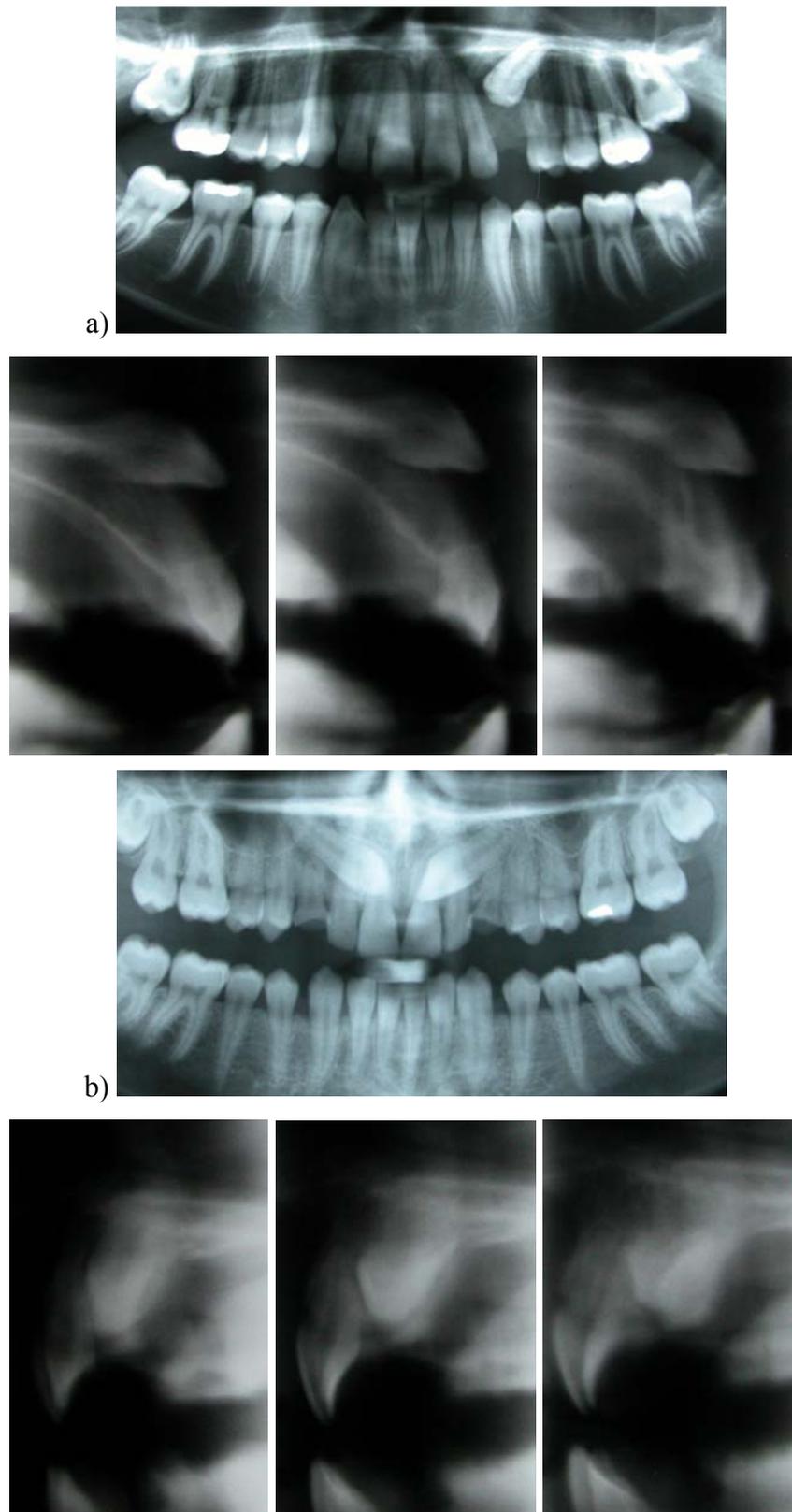


Abb. 3.1: Zwei Beispiele für zusammengehörige klinische PSA und TSA

a) PSA und TSA einer vestibulären Eckzahnverlagerung

b) PSA und TSA einer palatinalen Eckzahnverlagerung. Die TSA stellt die rechte Verlagerung dar.

3.2 Pilotstudie

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde ein humaner Schädel präpariert, damit variierende Eckzahnpositionen in demselben Phantomschädel auf konventionellen Panorama- und transversalen Schichtaufnahmen sowie auf Computertomographien reproduzierbar dargestellt werden konnten. Um einen menschlichen Eckzahn in verschiedenen Positionen im Schädel fixieren zu können, wurde die linke Oberkiefereckzahnregion zur Aufnahme von Silikonhalterungen entfernt. Der herauspräparierte Anteil des mazerierten Schädels umfasst die Region distal des mittleren Inzisivus und mesial des ersten Prämolaren auf Alveolarfortsatzniveau, bis hinauf zum Nasenboden beziehungsweise zur Kieferhöhle.



Abb. 3.2: Präparierter humaner Schädel

Der Phantomschädel wurde zur Anfertigung von wirklichkeitstreuen reproduzierbaren Röntgenaufnahmen auf ein Schiebegerüst montiert und in Halshöhe durch einen Wachskegel, verstärkt.

Anschließend wurden sieben Eckzahnpositionen zur Darstellung auf den Röntgenbildern konstruiert:

1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung in Richtung 25
2. moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle
4. palatinal verlagertes Zahn; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf

5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21 und Apex Regio 25
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23 und Apex in Regio 26



Verlagerung Nr. 1



Verlagerung Nr. 2



Verlagerung Nr. 3



Verlagerung Nr. 4



Verlagerung Nr. 5



Verlagerung Nr. 6



Verlagerung Nr. 7

Abb. 3.3: Sieben am Phantomschädel konstruierte Eckzahnverlagerungen

Da das Eckzahnoriginal des Phantoms für den Versuch nicht mehr zur Verfügung stand, wurde der Eckzahn des vierten Quadranten mit einem Diamanten so beschliffen, dass er die für einen Oberkiefereckzahn typische Kontur, mit einer Länge von 2,5 cm, erhielt.

Die Anfertigung von Röntgenbildern unterschiedlicher Eckzahnpositionen in drei variierenden Röntgenarten (PSA, TSA, CT) setzt voraus, dass der Zahn nach Entfernung aus einer definierten Lage wieder an derselben Stelle des Schädels befestigt werden kann, um eine Reproduzierbarkeit der Position zu gewährleisten.

Diese wurde durch Silikonhalter ermöglicht, die individuell für jede Position angefertigt wurden. Zur Verwendung kam das additionsvernetzende Silikon Silagum (DMG, Hamburg), da es seine Dimension über einen langen Zeitraum hält (Meiners 1977; Meiners 1978), so dass sich die Position des Zahnes in seiner Halterung während der Studiendauer nicht wesentlich verändern konnte.

Silikon ermöglicht aufgrund seiner Reißfestigkeit und Formstabilität (Meiners 1977; Meiners 1978) das mehrmalige Austauschen der Silikonhalterung, ohne die geforderte Reproduzierbarkeit zu vernachlässigen, da es beim Entfernen des Halters aus dem Phantomkopf seine Form kaum verliert und aufgrund seiner Rückstelleigenschaft (Meiners 1977; Meiners 1978) die minimale Formveränderung während dieses Vorganges wieder aufhebt.

Weiterhin wurde der vestibuläre Anteil des Zahnes nicht von Silikon bedeckt, um die Eckzahnposition genau beurteilen zu können und einen Vergleich mit den später angefertigten Röntgenbildern zu ermöglichen.

Außerdem wurde die Ausdehnung der Silikoneinbettung- für jeden Eckzahn individuell- so klein wie möglich und so groß wie nötig gestaltet. Eine Irritation des Betrachters aufgrund großer Umrisse auf dem Röntgenbild sollte so ausgeschlossen werden, wobei der Halt für eine feste Platzierung an den zur Verfügung stehenden Strukturen noch gewährleistet sein musste.

3.2.1 Messpunkte

Zur besseren anatomischen Orientierung auf den Phantom-Röntgenaufnahmen wurden kleine röntgendichte Metallkugeln von 1mm Durchmesser an dem Zahn sowie dem menschlichen Schädelpräparat, an definierten Punkten durch Klebung befestigt. Dies

ermöglichte die Feststellung derjenigen Strukturen des Schädels, die auf einer TSA abgebildet werden.

Definierte Messpunkte:

am Zahn:

- Eckzahnspitze
- beide seitlichen Ecken der Inzisalkante
- Apexspitze



Abb. 3.4: Eckzahn versehen mit Metallkugeln

am Schädel:

- vorderster Punkt der Spina nasalis anterior
- kaudalster Punkt des Foramen incisivum an der anterioren Wand
- Mitte der Inzisalkante des 21
- kranialster Punkt der distalen Wand des Ductus nasopalatinus
- vestibulärer Übergang von dem Margo alveolaris zum Zahnhals des Zahnes 21
- vestibulärer Übergang von dem Margo alveolaris zum Zahnhals des Zahnes 24
- tiefste Einziehung der Crista zygomaticoalveolaris links
- kaudalster Punkt des bukkalen Höckers des Prämolaren 24

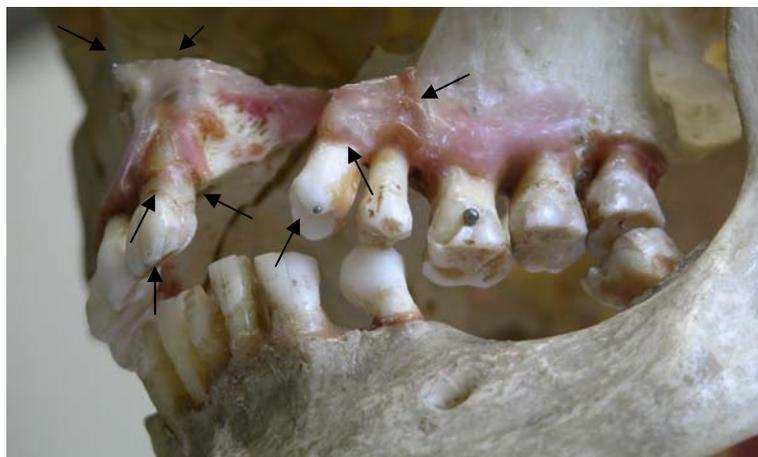


Abb. 3.5: Durch Pfeile markierte definierte Messpunkte am Phantom-Schädel

3.2.2 Konventionelles Röntgen am Phantom

Die konventionellen Panorama- und transversalen Schichtaufnahmen des Phantom-schädels wurden in der Poliklinik für Röntgendiagnostik, an der Orthophos Plus[®]-Röntgeneinrichtung (Sirona, Bensheim, Deutschland) unter Verwendung einer Siemens Röntgenkassette (Kodak Lanex Medium Screen) und dem Film Kodak T-MAT L/RA (15x30cm), gefertigt.

- **Panoramaschichtaufnahmen des Phantomschädels**

Für die Positionierung des Phantomschädels in dem Orthophos Plus[®]-Röntgengerät wurden die Frontzähne durch das gelbe Aufbissstück fixiert und der Schädel nach der Eckzahnlinie, der Frankfurter Horizontalen und der median-sagittalen Ebene ausgerichtet.



Abb. 3.6: In dem Orthophos Plus[®]-Röntgengerät positionierter Phantom-Schädel zur Anfertigung einer PSA

Weiter ist die für die Panoramashichtaufnahme übliche dünne Primärblende eingestellt und ein Weichteilfilter von 10 mm Aluminium vorgeschaltet worden.

Für eine ideale Belichtung der Aufnahmen wurden eine Spannung von 60 kV und eine Stromstärke von 12 mA gewählt.

Anschließend sind sieben Panoramashichtaufnahmen der verschiedenen Eckzahnpositionen mithilfe des Programms P1 der Röntgeneinrichtung angefertigt worden, indem die jeweils für eine Eckzahnposition spezifische Silikonhalterung nach der

Exposition aus dem in seiner Position unveränderten Schädel entfernt und der Eckzahn in einer anderen Silikonhalterung wieder an dem Schädel befestigt wurde.

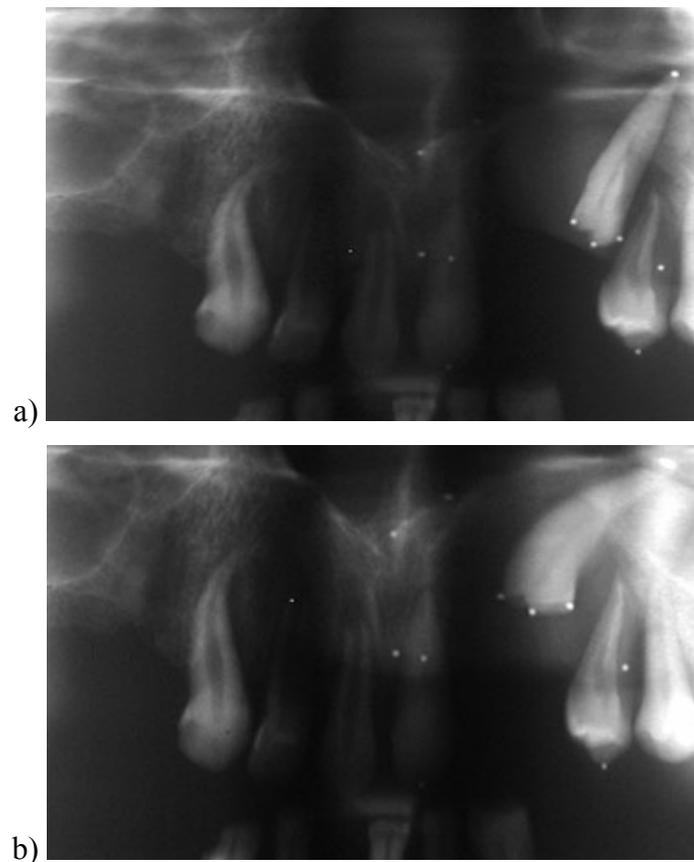


Abb. 3.7: Zwei Beispiele der Phantom-PSA

a) PSA der Verlagerung Nr. 2

b) PSA der Verlagerung Nr. 4

- **Transversale Schichtaufnahmen des Phantomschädels**

Für die transversalen Schichtaufnahmen wurde der Orthopantomograph so eingestellt, dass die blaue Positionierungshilfe den Schädel auf Frontzahnwurzelhöhe berührte. Anschließend wurde der Phantomschädel nach der Frankfurter Horizontalen und der median-sagittalen Ebene ausgerichtet.

Um den Schädel in die gewünschte, durch Peilstäbe anzuweisende Schichtlage zu bringen, musste die Positionierungsschiene für die Anfertigung der Frontzahnschicht auf Position 0 der skalierten Grundplatte und für die linke Eckzahnregion auf 5 mm der Messschiene geschoben werden.



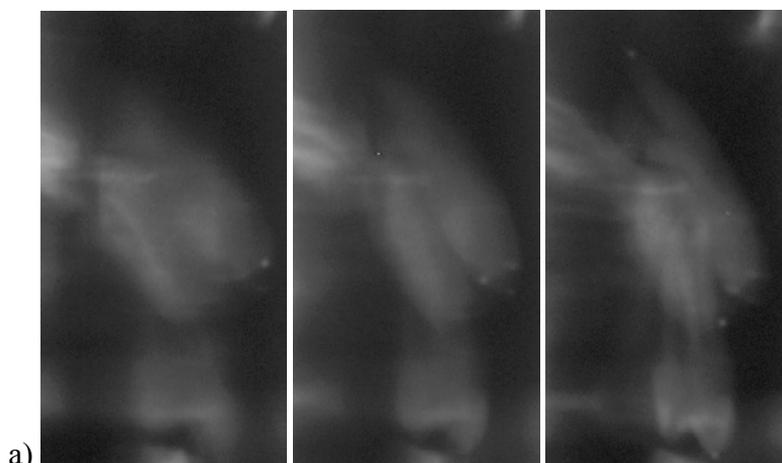
Abb. 3.8: In dem Orthophos Plus[®]-Röntgengerät positionierter Phantom-Schädel mit Peilstäben zur Anfertigung einer TSA

Zur Darstellung der linken Eckzahnregion wurde das Programm P22 und zur Aufnahme des Frontzahnbereichs das Programm P23 genutzt. Um diese Programme für transversale Schichtaufnahmen anwenden zu können, wurde die breitere Primärblende Nr. 11 eingestellt und die Sekundärblende entfernt.

Damit sowohl auf der Front- als auch auf der Eckzahn-TSA für jede Lagevariante die gleiche Position des eingebetteten Zahnes gewährleistet ist, wurde ein Austausch der Silikoneinbettungen erst vorgenommen, nachdem beide Programme ausgeführt waren, so dass für jedes Programm nur die Einstellung des Kopfes an der Grundplatte geändert werden musste.

Für eine optimale Belichtung wurde eine Spannung von 60 kV und eine Stromstärke von 9 mA verwendet.

In dieser Weise wurden insgesamt vierzehn transversale Schichtaufnahmen mit dem Front- und Eckzahnprogramm von den sieben konstruierten Eckzahnvarianten angefertigt.



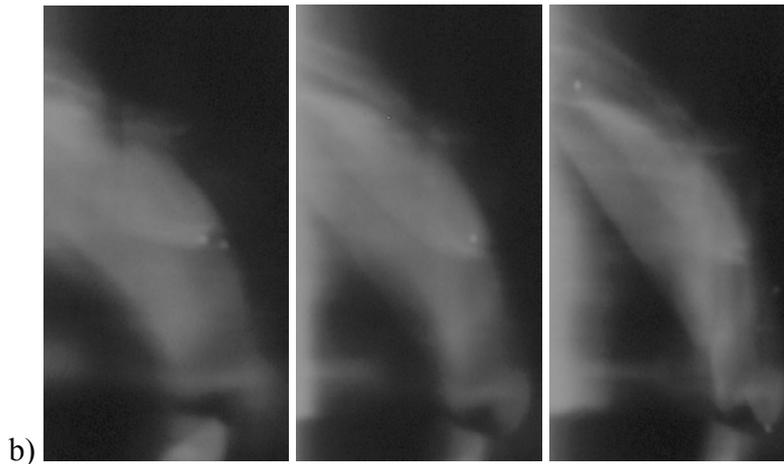


Abb. 3.9: Zwei Beispiele der Phantom-TSA

a) TSA der Verlagerung Nr. 2

b) TSA der Verlagerung Nr. 4

3.2.3 Computertomographische Schädelaufnahmen des Phantoms

Die CT-Aufnahmen wurden an der CT-Röntgeneinrichtung Somatom Volume Zoom[®] der Firma Siemens (Erlangen, Deutschland) angefertigt.

Zur Erstellung der Aufnahmen wurde der Phantomschädel in einer Kopfstütze- entsprechend der Einstellung der PSA und TSA- nach der Frankfurter Horizontalen und der Mittellinie, ausgerichtet. In dieser Position wurde der Biss durch einen Gummikeil gesperrt.



Abb. 3.10: In dem Computertomograph Somatom Volume Zoom[®] positionierter Phantom-Schädel

Anschließend wurde der Schädel sieben Mal mit jeweils ausgetauschten Silikoneinbettungen und einer Belichtung von 100 mA und 120 kV, in einer Scanzeit von 28 Sekunden, exponiert.

Folgend wurden, entsprechend den TSA-Schichten in oro-vestibulärer Schnittebene, multiplanare Rekonstruktionen (MPR) mit einer Schichtdicke von 0,5mm, ebenso wie dreidimensionale Ansichten des Schädels rekonstruiert.

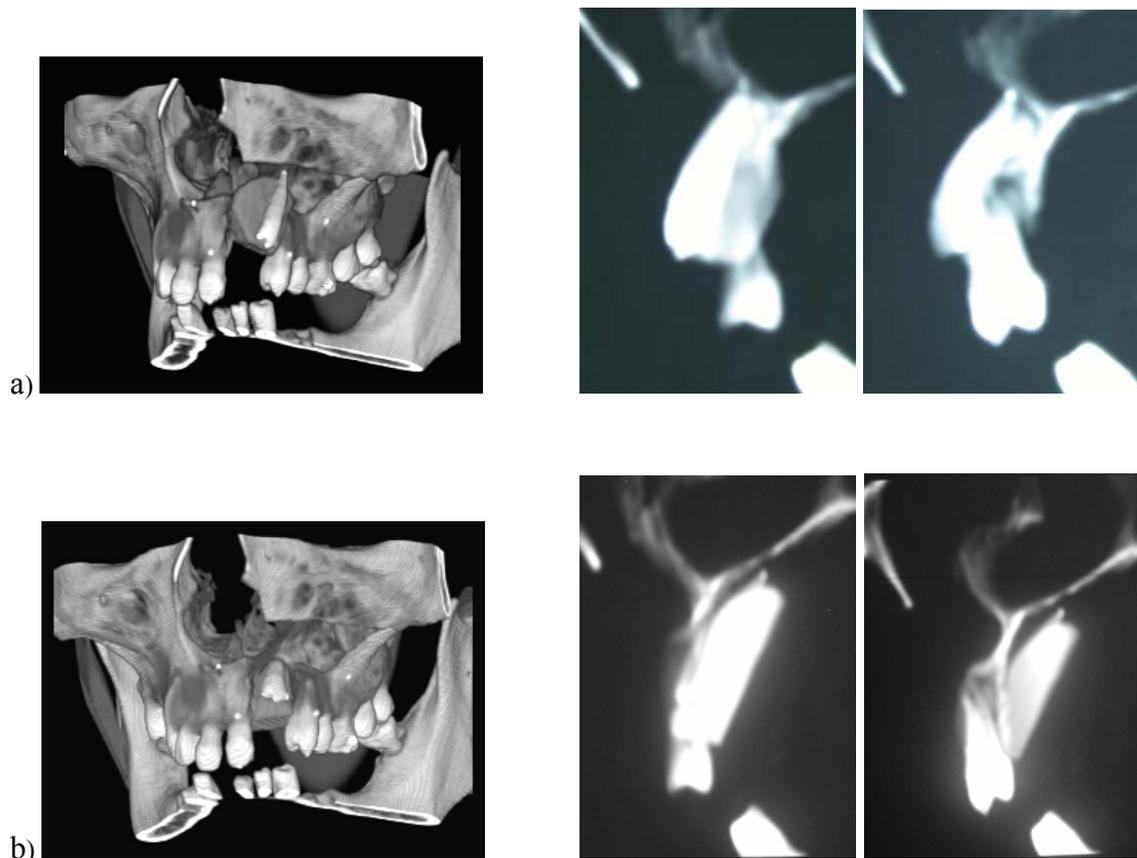


Abb. 3.11: Dreidimensionale- sowie multiplanare CT-Rekonstruktionen von zwei konstruierten Phantom Eckzahnpositionen

a) 3-D Ansicht (links) sowie MPR der Verlagerung Nr. 2

b) 3-D Ansicht (links) sowie MPR der Verlagerung Nr. 4

3.3 Methode

3.3.1 Gewährleistung gleicher Interpretationsgrundlagen

Bei den sechs Probanden dieser Studie handelt es sich um sechs Zahnärzte und Fachzahnärzte aus der Poliklinik für Kieferorthopädie im Zentrum für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf, die bisher mit der Betrachtung von transversalen Schichtaufnahmen wenig bis keine Erfahrung hatten.

Damit jeder der an der Studie teilnehmenden Personen dieselben Voraussetzungen für die ihm später zur Beurteilung vorgelegten Phantom- und klinischen transversalen Schichtaufnahmen erfüllt, bekamen alle zusammen eine Einführung in die physikalisch-technischen Grundlagen zur Erstellung einer transversalen Schichtaufnahme. Dies sollte einen Eindruck vermitteln, wie transversale Schnitte entstehen und in welcher Weise die abzubildende Region dargestellt und somit zu betrachten ist.

Um den Probanden zu ermöglichen, sich einen dreidimensionalen Eindruck der jeweiligen Eckzahnlage zu verschaffen, beziehungsweise durch die Betrachtung von zwei sich ergänzenden Röntgenaufnahmen die Umsetzung vom Zweidimensionalen ins Dreidimensionale zu erlernen, bekamen sie zusätzlich die zur TSA zugehörige PSA vorgelegt. Ebenfalls wurden die während der Studie angefertigten computertomographischen multiplanaren Rekonstruktionen (MPR) als Maßstab, zu der jeweils für eine Eckzahnlage übereinstimmenden transversalen Schichtaufnahme, zur Verfügung gestellt. Dies sollte vermitteln, wie eine in der Literatur als hochwertig dargestellte Methode (Gold-Standard) eine Verlagerung darstellen kann. Durch den Vergleich beider Aufnahmetechniken konnten die Probanden für sich feststellen, inwieweit die konventionellen transversalen Schichtaufnahmen des Phantoms mit denen der CT-Aufnahmen übereinstimmen. Dies kann dem Betrachter der TSA die Möglichkeit bieten, sich schneller mit der TSA vertraut zu machen.

Vermittelte Grundlagen:

Bei der Panoramaschichtaufnahme liegen die dargestellten Schichten parallel zum Kieferabschnitt, also in mesio-distaler Ausrichtung. Die TSA ermöglicht eine transversale, bucco-orale Betrachtung der Kiefer.

Da die Kiefer keine einheitliche Form aufweisen, werden für das in der Studie eingesetzte TSA-Programm der Orthophos Plus[®]-Panoramaröntgeneinrichtung (Sirona, Bensheim, Deutschland), auf die anatomische Situation von Maxilla und Mandibula

abgestimmt, drei unterschiedliche Einstellungen für Front-, Eck-, und Seitenzahnggebiet bereitgestellt (Rother 2001). Für Eckzahnverlagerungen findet meist das Eckzahnprogramm Verwendung, obwohl bei mehr nach mesial verlagerten Zähnen auch das Frontzahnprogramm genutzt werden kann.

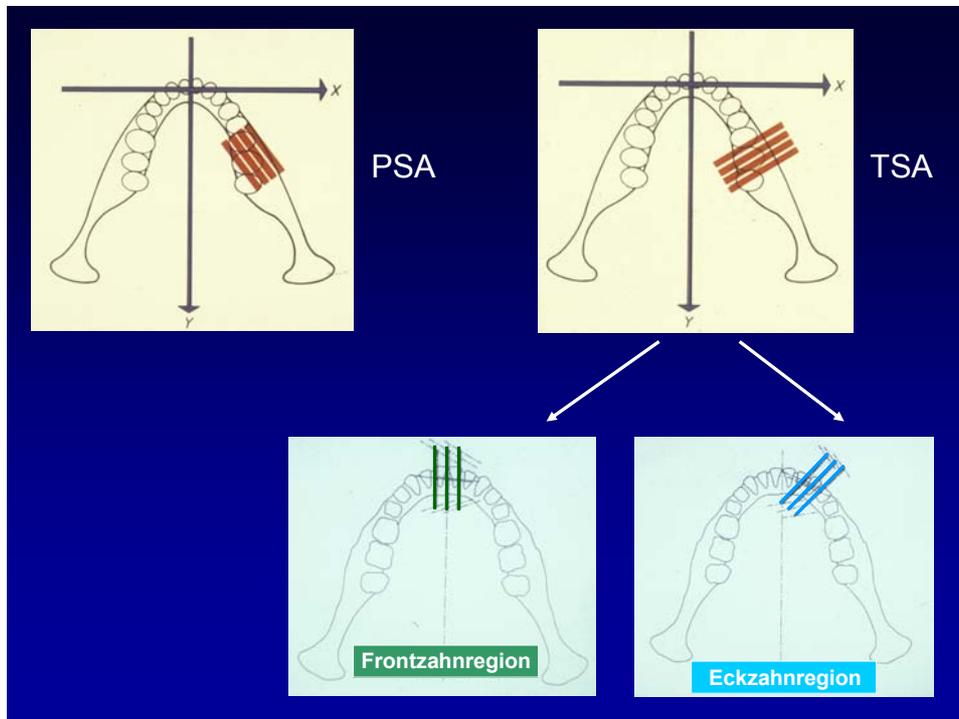


Abb. 3.12: Darstellung der Schichten auf PSA und TSA

Die gewünschte Schicht wird durch eine Positionierungshilfe, d.h. Positionierungsstifte, die sich extraoral befinden und die mittlere Schicht festlegt sowie die Programmnummer bestimmt (Kaeppler 1999).

Die Orthophos Plus[®]-Röntgeneinrichtung arbeitet bei allen Programmen mit dem Panoramaschichtprinzip (Fuhrmann et al. 2003)

Die transversalen Schichtaufnahmen beim Orthophos Plus[®] werden durch einen Schichtwinkel von ca. 15° realisiert, woraus eine relativ dicke Schicht resultiert, durch die es zu Überlagerungen von Strukturen kommen kann (Ziegler 1999; Rother 2001). Von der Herstellerfirma Sirona (Bensheim, Deutschland) wird, je nach TSA-Programm, eine Schichtdicke von 0,8 bis 5,5 mm, ein Schichtabstand von 2,5 bis 5 mm und eine Vergrößerung von 1,36 bis 1,49, angegeben.

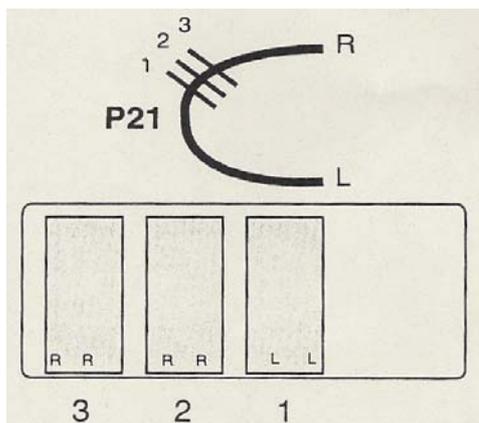
Der Vergrößerungsfaktor der Programme ist technisch sehr genau, was für die Qualität des Bildes äußerst wichtig ist (Kaeppler 1995; Kaeppler et al. 1996).

Sowohl bei dem verwendeten Front-, als auch bei dem Eckzahnprogramm entsteht eine Vergrößerung von 1,49, eine Schichtdicke von 0,8 bis 1,3 mm bei einem Schichtabstand von 4 bis 5 mm (Kaepler et al. 1996, 2001).

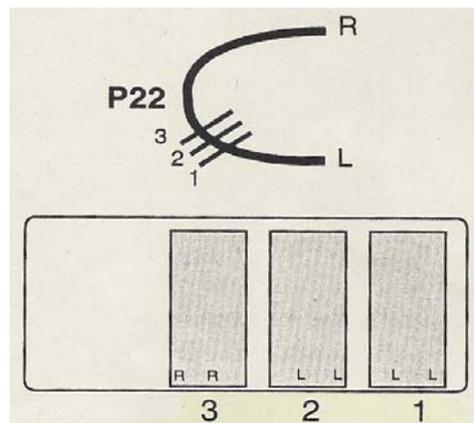
Die zum Vergleich vorliegenden computertomographischen multiplanaren Schnitte haben eine Schichtdicke von 0,5mm und jeder Abschnitt wird ohne Unterbrechung von mesial nach distal abgebildet.

Auf einem Röntgenfilm werden drei einzelne Schichten der jeweils gewählten Region dargestellt und durch L und R gekennzeichnet. Bei dem Programm für die Frontzahnregion wird diese von links betrachtet. Durch den posterior-anterioren Strahlengang werden Eck- und Seitenzahnregion von frontal dargestellt.

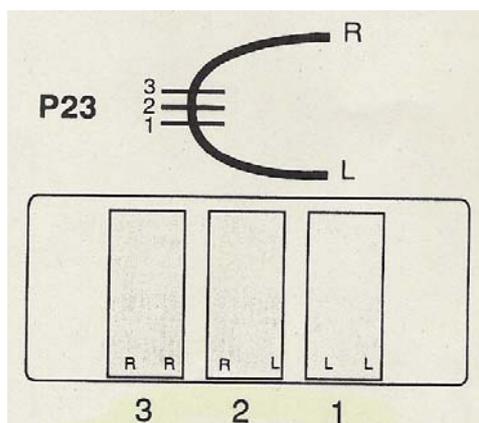
Für jedes Programm beginnt die Darstellung auf dem Film mit der sich am weitesten rechts befindenden Schicht.



Darstellung der rechten Patientenseite



Darstellung der linken Patientenseite



Darstellung der Frontzahnregion

Abb. 3.13: Schematische Darstellung der Kieferschichten sowie deren Anordnung auf dem Röntgenfilm für das Front- und Eckzahnprogramm

Diejenigen Strukturen, die bei der konventionellen transversalen Schichtaufnahme in der Schicht liegen, stellen sich scharf dar, die anderen sind verwischt.

3.3.2 Bewertungsunterlagen

Für die Beurteilung der Phantom- und der klinischen transversalen Schichtaufnahmen wurde eine Bewertungstabelle erstellt.

Kriterien Phantom TSA	Einschätzung der Eckzahnlage	Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums	Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung	Erkennbarkeit des Parodontalspaltes	Beurteilbarkeit einer Ankylose	Erkennbarkeit einer Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen	Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen
Nr.								
Nr.								
Nr.								

Abb. 3.14: Bewertungstabelle für transversalen Schichtaufnahmen am Phantom und am Patienten

Als Beurteilungskriterien, von denen einige schon von Hitchin (1956), Bishara (1998) und Hirschfelder (2000) als grundlegend zur Erstellung einer Prognose bezüglich einer kieferorthopädischen Eingliederung von Eckzähnen genannt worden sind, wurden folgende als relevant eingestuft und verwendet:

Topographisches Kriterium:

- Einschätzung der Zahnlage

Morphologische Kriterien:

- Erkennbarkeit des Zahnes, insbesondere der Krone
- Stadium des Wurzelwachstums
- Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse (Verkrümmungen oder Abknickungen)
- Erkennbarkeit des Parodontalspaltes (beim Phantom von dem Prämolare 24)
- vorhandene/ nicht vorhandene Ankylosierung (Prämolare 24 beim Phantom) erkennbar
- Beziehung zu anderen Zähnen diagnostizierbar
- Resorptionen an anderen Zähnen erkennbar

Da der Eckzahn für die Phantom-Aufnahmen in Silikon eingebettet war, konnten sein Parodontalspalt und eine Ankylosierung nicht beurteilt werden. Daher bekamen die Probanden die Aufgabe, diese beiden Kriterien auf den Prämolaren 24 zu beziehen, der von Knochen umgeben war.

Weiterhin wurde eine Liste ausgehändigt, auf der zum einen Lagedefinitionen aufgelistet waren, die zur Beurteilung der Eckzahnlokalisation auf den klinischen TSA zur Verfügung standen:

- 1= Krone vestibulär, Wurzel stark nach distal gekippt
- 2= Krone vestibulär, Wurzel leicht nach distal gekippt
- 3= vestibulär vertikal
- 4= Krone vestibulär, Wurzel in der Horizontalen nach palatinal gekippt
(sagittale Ausrichtung)
- 5= vestibulär
- 6= palatinal horizontal an den Seitenzahnwurzeln
- 7= palatinal horizontal im Frontzahnggebiet an den Wurzeln gelegen
- 8= palatinal vertikal
- 9= Zahn palatinal in der Sagittalen ausgerichtet: Krone anterior, Wurzel posterior
- 10= palatinal
- 11= im Alveolarkammverlauf

Zum anderen wurden zur Beschreibung der Lage des Eckzahnes auf der Phantom-TSA vier Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung gestellt (übergeordnete Begriffe/ Hauptgruppen):

- 1= vestibulär
- 2= palatinal
- 3= im Alveolarkammverlauf
- 4= keine Aussage möglich.

Für alle weiteren Kriterien, waren Auswahlmöglichkeiten auf einer Bewertungsskala von 1-4 sowohl für die Phantom- als auch für die klinische TSA auf der Liste vorgegeben:

- 1= „eindeutig erkennbar“

2= „erkennbar“

3= „fraglich“

4= „keine Information“.

3.3.3 Voraussetzungen für die Röntgenbildbewertung

Für die Bewertung der Röntgenbilder erhielt jede der sechs an der Studie beteiligten Personen einen Bewertungsbogen für die Phantom- und einen für die klinische TSA (siehe 3.3.2). Weiterhin bekamen sie eine Liste mit Lagedefinitionsvorschlägen für die klinischen TSA und für die Phantom-TSA sowie eine Bewertungsskala und die TSA mit den zugehörigen PSA vorgelegt, um die räumliche Lagevorstellung zu ermöglichen. Die Bewertung der Röntgenbilder erfolgte möglichst bei jedem Beurteiler unter den gleichen Voraussetzungen getrennt voneinander. Es wurde darauf geachtet, dass zeitliche-, räumliche- und Umgebungsparameter wie Helligkeit und Röntgenbildbetrachter vergleichbar waren. Daher fanden die Bewertungen im Seminarraum der Poliklinik für Kieferorthopädie am Vormittag an demselben Röntgenbildbetrachter statt.

3.3.4 Beurteilung der Phantom-TSA

In dem ersten Teil hatten die sechs Betrachter die Aufgabe, die im Abschnitt 3.3.2 bereits dargestellten acht topographischen und morphologischen Vergleichskriterien, auf die Phantom-TSA zu beziehen. Von den transversalen Schichtaufnahmen (n=14) wurden für diese Untersuchung neun (n=9) verwendet. Diese setzten sich zusammen aus den sieben TSA, die durch das Eckzahnprogramm gefertigt worden sind sowie aus zwei durch das Frontprogramm erstellte TSA, da nur diese für die Bewertung der Lage zweier Eckzähne relevant waren. Auf den restlichen TSA des Frontprogramms war der Eckzahn nicht erkennbar.

Das topographische Kriterium sollte durch die zur Verfügung stehenden übergeordneten Lagevarianten und die weiteren Kriterien anhand der Bewertungsskala von 1-4 beurteilt werden (siehe 3.3.2).

3.3.5 Beurteilung der klinischen TSA

Der zweite Teil der Aufgabe bestand in einer retrospektiven Analyse der 27, auf Eckzahnretentionen bezogenen, klinischen transversalen Schichtaufnahmen. Anhand der Liste (siehe 3.3.2) von 11 vorgegebenen detaillierten, auf Kronen- und Wurzellage sowie Wurzelneigung bezogenen Eckzahnlagevariationen, sollte die Topographie der jeweils dargestellten Eckzahnretention durch die sechs Personen bestimmt werden.

Anschließend wurden auch die klinischen TSA einer Qualitätsbeurteilung unterzogen. Den sieben morphologischen Kriterien (siehe 3.3.2) sollte, wie bereits bei den Phantom-TSA geschehen, die Einstufung 1-4 (siehe 3.3.2) zugeteilt werden.

3.3.6 Nachuntersuchung

Um die Aussagen der Beurteiler auf ihre Reproduzierbarkeit prüfen zu können und eventuelle intraindividuelle und interindividuelle Abweichungen der Ergebnisse, sowohl für die Phantom-, als auch für die klinischen TSA, zu erkennen, wurden nach einem halben Jahr die Röntgenbilder erneut interpretiert.

Zur Evaluierung der intraindividuellen Variabilität (Tabellen 4.20- 4.23) haben zwei der Betrachter die gesamten TSA wiederholt, bezüglich aller acht Kriterien, bewertet.

Bei der Nachuntersuchung der klinischen TSA bewerteten die Betrachter die Eckzahnlage anhand der detaillierten Lagevarianten 1-11 (siehe 3.3.2). Die Einschätzung der Eckzahnlage auf den sieben Phantom-TSA erfolgte durch die vier übergeordneten Lagedefinitionen (siehe 3.3.2). Alle weiteren Kriterien wurden sowohl bei den klinischen-, als auch bei den Phantom-TSA mithilfe der Bewertungsskala von 1= „eindeutig erkennbar“, 2= „erkennbar“, 3= „fraglich“ und 4= „keine Information“ erneut eingestuft.

Um die interindividuelle Variabilität (Tabellen 4.24, 4.25) ermitteln zu können, schauten sich alle sechs Beurteiler ein weiteres Mal 10% der Röntgenaufnahmen anhand der bei der ersten Betrachtung bereits verwendeten Bewertungsvorgaben (siehe 3.3.2) an. Jeder wertete dieselben drei klinischen- und zwei Phantom-TSA aus.

3.3.7 Verifizierung der Ergebnisse

Die Bestätigung der Ergebnisse der „Einschätzung der Eckzahnlage“ wurde für die Phantom-TSA anhand der im Phantomschädel festgelegten Lage des Eckzahnes vorgenommen (siehe 4.5.1).

Um die „Einschätzung der Eckzahnlage“ durch die sechs Personen bezüglich der retrospektiven Betrachtungen der 27 transversalen Schichtaufnahmen verifizieren zu können, wurde die tatsächliche Eckzahnlage anhand der Dokumentation aus den Patientenakten der kieferorthopädischen Abteilung ermittelt.

Die tatsächliche Lage des verlagerten Eckzahnes war intraoperativ, während seiner Freilegung durch einen MKG-Chirurgen der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie bzw. im Verlauf der Behandlungsphase aufgrund der Palpation durch einen Kieferorthopäden oder anhand des natürlichen Durchbruchs erkannt, und meist schriftlich oder durch Diapositive dokumentiert worden.

Da in den Akten ausschließlich oberbegriffliche Lageangaben zur Verfügung standen, mussten die bereits beschriebenen 11 detaillierten Lagedefinitionen (siehe 3.3.2) in vier, auch für die Phantom-TSA verwendete, Hauptgruppen/ Oberbegriffe (vereinfachte Darstellung) zusammengefasst werden:

Definition 1-5= vestibuläre Verlagerung= 1

Definition 6-10= palatinale Verlagerung= 2

Definition 11= Verlagerung im Alveolarkammverlauf= 3

keine Aussage= 4

Anschließend wurde für die Verifizierung ein Vergleich zwischen der klinisch festgestellten Position des Eckzahnes und der von den sechs Betrachtern eingeschätzten Lage vorgenommen und die Anzahl der von ihnen für jede TSA richtig eingeschätzten Eckzahnlagen als Übereinstimmung in Prozent ermittelt (siehe 4.5.2).

3.3.8 Datenauswertung

Die ermittelten Daten wurden in Microsoft Excel (Microsoft, USA) erfasst und anhand der deskriptiven Statistik durch Häufigkeitsverteilungen, Homogenitäten und Heterogenitäten innerhalb der Betrachtergruppe ausgewertet.

4 Ergebnisse

Folgend werden zunächst die Ergebnisse der Beurteilung der Phantom-TSA und darauf die der klinischen TSA beschrieben.

Die Auswertungen basieren für die in 3.3.2 genannten Kriterien auf der Homogenität beziehungsweise der Heterogenität der Übereinstimmungen innerhalb der Betrachtergruppe (n= 6).

4.1 Analyse der Phantom-TSA

4.1.1 Übersichtsdarstellung der Ergebnisse für die Phantom-TSA

Die Tabelle 4.1 zeigt eine Übersicht über die Bewertung der sieben Phantom-TSA bezüglich der insgesamt acht topographischen und morphologischen Kriterien durch sechs Personen. Bei dem Kriterium „Einschätzung der Eckzahnlage“ ist dargestellt, wie viele Personen, den auf den TSA dargestellten Eckzahnvarianten, welche der vier vorgegebenen Lagevorschläge: „vestibulär“, „palatinal“, „im Alveolarkammverlauf“ oder „keine Aussage“, zugeordnet haben.

In den folgenden Zeilen ist erkennbar, wie viele Betrachter einem Kriterium eine Note der Skala 1-4 zuteilten.

Für jedes Kriterium ergaben sich insgesamt 42 Beurteilungen, da sechs Betrachter sieben TSA bezüglich eines Kriteriums bewerteten.

Tab. 4.1 : Phantom-TSA: Übersichtsdarstellung

Vor dem Multiplikationszeichen steht jeweils die Anzahl der Betrachter, die sich übereinstimmend entschieden hat.

Hinter dem Multiplikationszeichen der ersten Zeile sind die Lagedefinitionen vest.= vestibulär, pal.= palatinal, Alv.= im Alveolarkammverlauf, k.A.= keine Aussage angegeben, für die sich die beurteilenden Personen entschieden haben. Folgende Zeilen geben hinter dem Multiplikationszeichen die Einschätzungen der Kriterien von 1= „eindeutig erkennbar“, 2= „erkennbar“, 3= „fraglich“, 4= „keine Information“ an.

Phantom TSA Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Kriterien							
Einschätzung der Eckzahnlage	6xvest.	6xvest.	1xvest.; 5xAlv.	4xpal.; 2xAlv.	6xvest.	6xpal.	6xpal.
Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	1x1; 4x2; 1x3	1x1; 5x2	1x1; 4x2; 1x3	1x1; 5x2	3x1; 3x2	4x2; 1x3; 1x4	4x2; 2x3
Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums	1x1; 4x2; 1x3	1x1; 5x2	1x1; 4x2; 1x3	1x1; 4x2; 1x3	3x1; 3x2	1x2; 1x3; 4x4	2x2; 3x3; 1x4
Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung	1x2; 1x3; 4x4	1x1; 3x2; 2x3	1x1; 3x2; 2x3	1x1; 4x2; 1x3	3x1; 3x2	1x2; 1x3; 4x4	2x2; 2x3; 2x4
Erkennbarkeit des Parodontalspaltes	1x2; 1x3; 4x4	2x2; 4x4	1x2; 1x3; 4x4	2x2; 2x3; 2x4	1x2; 1x3; 4x4	3x2; 2x3; 1x4	4x2; 1x3; 1x4
Beurteilbarkeit einer Ankylose	6x4	6x4	6x4	6x4	6x4	1x3; 5x4	1x2; 5x4
Erkennbarkeit einer Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen	6x4	4x2; 2x3	2x2; 2x3; 2x4	3x2; 3x3	2x2; 4x3	1x1; 2x2; 2x3; 1x4	3x2; 2x3; 1x4
Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen	1x1; 2x2; 2x3; 1x4	2x2; 3x3; 1x4	1x2; 3x3; 2x4	1x2; 5x3	1x2; 3x3; 2x4	2x2; 3x3; 1x4	1x1; 2x2; 3x3

4.1.2 Einschätzung der Eckzahnlage auf den Phantom-TSA

Bei 71,4% (auf TSA 1, 2, 5, 6 und 7) haben alle Betrachter die Lage des verlagerten Zahnes übereinstimmend eingeschätzt. Für die TSA 3 (Verlagerung im Alveolarkammverlauf) und 4 (palatinale Verlagerung) wichen ein bzw. zwei Personen von der Einschätzung der übrigen Betrachter ab.

Tab. 4.2: Einschätzung der Eckzahnlage auf den Phantom-TSA

Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine der vier Verlagerungen entschieden hat.

Zahnpositionen der Phantom TSA Nr.	Lagedefinitionen	1 = vestibuläre Verlagerung	2 = palatinale Verlagerung	3 = im Alveolarkamm- verlauf	4 = keine Aussage
1.	vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	6	-	-	-
2.	moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	6	-	-	-
3.	im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle	1	-	5	-
4.	palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	-	4	2	-
5.	vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	6	-	-	-
6.	palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.	-	6	-	-
7.	palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	-	6	-	-
Summe der Beurteilungen		19	16	7	-
Beurteilungen in %		45,2	38,1	16,7	-

4.1.3 Erkennbarkeit der Eckzahnkrone

Alle sechs Betrachter haben zusammen für sieben TSA insgesamt 42 Mal eine Beurteilung abgegeben. Durch 36 von den 42 Beurteilungen (85,7%) wurde die Erkennbarkeit der Eckzahnkrone zwischen „eindeutig erkennbar“ und „erkennbar“ eingestuft.

Die Tabelle 4.3 macht weiterhin deutlich, dass die Eckzahnkrone in Bezug auf alle sieben Zahnpositionen zu einem Grossteil von den Betrachtern (29 von 42 Betrachtungen= 69%) als „erkennbar“ bezeichnet wurde. Bei der bukkalen (Nr. 2) und palatinalen (Nr. 4) Verlagerung stimmten fünf der sechs Personen (83,3%) für eine „Erkennbarkeit“ der Krone.

Eine „fragliche Erkennbarkeit“ der Krone wurde nur durch einzelne Personen für die TSA 1, 3, 6 und 7 angegeben. Als „eindeutig erkennbar“ schätzten drei der sechs Personen lediglich die Eckzahnkrone der Position 5 ein, alle anderen Kronen wurden höchstens von einem Beurteiler mit „eindeutig erkennbar“ bewertet.

Aus der TSA 6 konnte eine Person keine Information bezüglich der Erkennbarkeit der Eckzahnkrone ziehen. Auch die horizontal verlagerten Zähne (Nr. 6 und 7) wurden von keinem Betrachter mit „eindeutig erkennbar“ bewertet.

Tab. 4.3: Erkennbarkeit der Eckzahnkrone auf den Phantom-TSA

Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine von vier Einstufungen entschieden hat.

Zahnpositionen der Phantom TSA \ Bewertungsskala	1= eindeutig erkennbar	2= erkennbar	3= fraglich	4= keine Information
1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	1	4	1	-
2. moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	1	5	-	-
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle	1	4	1	-
4. palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	1	5	-	-
5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	3	3	-	-
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.	-	4	1	1
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	-	4	2	-
Summe der Beurteilungen	7	29	5	1
Beurteilungen in %	16,7	69	11,9	2,4

4.1.4 Stadium des Wurzelwachstums

Tabelle 4.4 zeigt, dass knapp über die Hälfte der Zuordnungen insgesamt (54,8%), auf die Einstufung „erkennbar“ entfielen. Bei Betrachtung der TSA 1 bis 4 schätzten vier oder fünf Personen das Stadium des Wurzelwachstums als „erkennbar“ ein. Für „eindeutig erkennbar“ oder „fraglich“ entschieden sich bei den ersten vier TSA nur einzelne Personen.

Für die TSA 5 resultierte keine mehrheitliche Bewertung. Die Einschätzung teilte sich jeweils zur Hälfte (je drei Betrachter) auf „eindeutig erkennbar“ und „erkennbar“ auf.

Die eine Horizontallage darstellenden TSA 6 und 7 wurden in Bezug auf das zu beurteilende Kriterium mit Einstufungen zwischen „erkennbar“ und „keine Information“ bewertet. Im Fall der TSA 6, auf der der Zahn horizontal weiter in der Front gelegen, dargestellt wird, konnte eine Mehrheit von vier Personen „keine Information“ über das Wurzelwachstum entnehmen. Bei der TSA 7 ist die „Erkennbarkeit“ des Wurzelwachstumsstadiums mit 50% Übereinstimmung (n=3) als „fraglich“ eingestuft worden. Zwei Beurteilungen entfielen auf „erkennbar“ und eine weitere auf „keine Information“.

Tab. 4.4: Wurzelwachstumsstadium auf den Phantom-TSA

Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine von vier Einstufungen entschieden hat.

Zahnpositionen der Phantom TSA \ Bewertungsskala	1= eindeutig erkennbar	2= erkennbar	3= fraglich	4= keine Information
1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	1	4	1	-
2. moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	1	5	-	-
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle	1	4	1	-
4. palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	1	4	1	-
5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	3	3	-	-
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.	-	1	1	4
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	-	2	3	1
Summe der Betrachtungen	7	23	7	5
Betrachtungen in %	16,7	54,8	16,7	11,8

4.1.5 Erkennbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes

Die Tabelle 4.5 macht deutlich, dass für die sieben TSA, bezogen auf die Beurteilbarkeit des Kriteriums „Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes“, insgesamt keine eindeutige Zuordnung stattgefunden hat. 17 der 42 Beurteilungen (40,5%) wurden für die „Erkennbarkeit“ einer eventuellen Wurzelspitzenabweichung abgegeben. Zu 21,4% bewerteten die sechs Personen die Erkennbarkeit allerdings auch mit „fraglich“, sowie zu 23,8% mit einem Informationsmangel („keine Information“). Nur bei drei der Eckzahnverlagerungen (Nr. 1, 4 und 6) kam eine mehrheitliche Übereinstimmung von jeweils vier Personen (66,6%) der Betrachtergruppe zustande. Für die TSA 1 und 6 entschied sich die Mehrheit dafür, dass „kein Informationsgewinn“ durch die Röntgenaufnahme zu verzeichnen ist. Bei der TSA 4 ist der Parameter mehrheitlich als „erkennbar“ eingestuft worden. In allen anderen Fällen (Nr. 2, 3 und 5) wurden maximal drei äquivalente Aussagen getroffen.

Eine 50%ige Übereinstimmung der Betrachter bezüglich der „eindeutigen Erkennbarkeit“, bzw. „Erkennbarkeit“ der Wurzelspitzenabweichung liegt bei der TSA mit der bukkal-vertikalen Verlagerung (Nr. 5) vor.

Im Fall der TSA mit einer palatinal-horizontalen Eckzahnverlagerung (Nr. 7) konnte keine Mehrheit gefunden werden, da sich jeweils zwei der sechs Personen (33,3%) für „erkennbar“, „fraglich“, sowie „keine Information“ für den zu beurteilenden Parameter entschieden haben.

Tab. 4.5: Erkennbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes

Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine von vier Einstufungen entschieden hat.

Zahnpositionen der Phantom TSA \ Bewertungsskala	1= eindeutig erkennbar	2= erkennbar	3= fraglich	4= keine Information
1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	-	1	1	4
2. moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	1	3	2	-
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle	1	3	2	-
4. palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	1	4	1	-
5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	3	3	-	-
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.	-	1	1	4
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	-	2	2	2
Summe der Betrachtungen	6	17	9	10
Betrachtungen in %	14,3	40,5	21,4	23,8

4.1.6 Erkennbarkeit des Parodontalspaltes am ersten oberen Prämolaren (Zahn 24)

Zur Erkennbarkeit des Parodontalspaltes von 24 auf einer transversalen Schichtaufnahme wird aus Tabelle 4.6 deutlich, dass vom überwiegenden Teil der Betrachtergruppe (47,6%) „keine Information“ diesbezüglich abgeleitet werden konnte. 33,3% stuften den Parodontalspalt des Prämolaren jedoch als „erkennbar“ ein, wobei für TSA 6 und 7 eine Mehrheit von drei beziehungsweise vier Betrachtern bestand.

Für TSA 1, 2, 3 und 5 kam es zu einer Übereinstimmung von jeweils vier Betrachtern, die in diesen Fällen „keine Information“ über den Parodontalspalt erlangen konnten. Eine „eindeutige Erkennbarkeit“ des Parodontalspaltes wurde generell ausgeschlossen. In Bezug auf die palatinale Verlagerung (Nr. 4) konnte keine mehrheitliche Bewertung festgestellt werden, da sich jeweils zwei Personen für eine unterschiedliche Aussagekraft der TSA, „erkennbar“, „fraglich“ und „keine Information“, entschieden haben.

Tab. 4.6: Erkennbarkeit des Parodontalspaltes am ersten oberen Prämolaren (Zahn 24)
Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine von vier Einstufungen entschieden hat.

Zahnpositionen der Phantom TSA	Bewertungsskala			
	1= eindeutig erkennbar	2= erkennbar	3= fraglich	4= keine Information
1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	-	1	1	4
2. moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	-	2	-	4
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle	-	1	1	4
4. palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	-	2	2	2
5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	-	1	1	4
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.	-	3	2	1
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	-	4	1	1
Summe der Betrachtungen	-	14	8	20
Betrachtungen in %	-	33,3	19	47,6

4.1.7 Beurteilbarkeit einer Ankylosierung des ersten oberen Prämolaren (Zahn 24)

Aus Tabelle 4.7 wird eine deutliche Übereinstimmung aller bewertenden Personen im Fall der Beurteilbarkeit einer Ankylose sichtbar. Für die ersten fünf Zahnpositionen wurde die Möglichkeit der Beurteilung einer Zahnverwachsung mit dem Alveolarknochen zu 100% ausgeschlossen, da jeder der sechs Betrachter der Ansicht war, dass die TSA keine Aussagekraft bezüglich dieser pathologischen Veränderung bietet. In den letzten beiden Fällen (Nr. 6 und 7) kam es zu jeweils einer abweichenden Einschätzung von der mehrheitlichen Beurteilung.

Tab. 4.7: Beurteilbarkeit einer Ankylosierung (Zahn 24)

Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine von vier Einstufungen entschieden hat.

Bewertungsskala Zahnpositionen der Phantom TSA	1= eindeutig erkennbar	2= erkennbar	3= fraglich	4= keine Information
1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	-	-	-	6
2. modetrat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	-	-	-	6
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in Kieferhöhle	-	-	-	6
4. palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	-	-	-	6
5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	-	-	-	6
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.	-	-	1	5
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	-	1	-	5
Summe der Betrachtungen	-	1	1	40
Betrachtungen in %	-	2,4	2,4	95

4.1.8 Einschätzung der Lagebeziehungen retinierter oberer Eckzähne zu anderen Zähnen

Nach Einschätzung der Betrachtergruppe kann die Lagebeziehung von verlagerten Zähnen zu ihren Nachbarn insgesamt mit 52,4% „erkannt“ werden. Diesbezüglich stimmten bei der TSA 1, einer Vestibulärlage des Eckzahnes, sechs Betrachter überein. Zu 35,7% wurde die Einschätzbarkeit der Lagebeziehung eher als „fraglich“ eingestuft. Von 42 Beurteilungen entfielen insgesamt vier Zuordnungen (9,5%) auf die Einstufung „keine Information“ für die Eckzahnlage im Alveolarkammverlauf (Nr. 3) und die beiden palatinal horizontal verlagerten Eckzahnvarianten (Nr. 6 und Nr. 7). Lediglich eine Beurteilung (2,4%) wurde für die „eindeutige Erkennbarkeit“ der Eckzahnlagebeziehung auf der TSA 6 abgegeben.

Tab. 4.8: Einschätzung der Lagebeziehung retinierter oberer Eckzähne zu anderen Zähnen

Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine von vier Einstufungen entschieden hat.

Zahnpositionen der Phantom TSA \ Bewertungsskala	1= eindeutig erkennbar	2= erkennbar	3= fraglich	4= keine Information
1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	-	6	-	-
2. moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	-	4	2	-
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle	-	2	2	2
4. palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	-	3	3	-
5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	-	2	4	-
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.	1	2	2	1
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	-	3	2	1
Summe der Betrachtungen	1	22	15	4
Betrachtungen in %	2,4	52,4	35,7	9,5

4.1.9 Sichtbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen

Für die sieben TSA wurde die „Sichtbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen“ durch eine 52,4%ige mehrheitliche Entscheidung als „fraglich“ eingestuft. Zu 26,2% galt dieses Kriterium als „erkennbar“ und zu 16,6% konnte „keine Information“ abgeleitet werden.

Eine Mehrheit von fünf Übereinstimmungen innerhalb der Betrachtergruppe kam nur bei der TSA mit der palatinalen Verlagerung (Nr. 4) für die Wertung „fraglich“ zustande. Bei allen anderen TSA waren keine deutlichen Mehrheiten zu erkennen. Für TSA 2, 3, 5, 6 und 7 waren maximal drei Personen (50%) derselben Ansicht bezüglich einer „fraglichen“ Erkennbarkeit von Resorptionen.

Tab. 4.9: Beurteilbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen

Anzahl der Beurteiler, die sich pro Phantom-TSA für eine von vier Einstufungen entschieden hat.

Zahnpositionen der Phantom TSA	Bewertungsskala			
	1= eindeutig erkennbar	2= erkennbar	3= fraglich	4= keine Information
1. vestibulär verlagert; in Regio 23 lokalisiert; der Apex macht eine Distalkippung nach Regio 25.	1	2	2	1
2. moderat nach vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend; leichte Distalkippung	-	2	3	1
3. im Alveolarkammverlauf; mesiale Kronenecke nahe der distalen Fläche der Wurzel des 21; der Apex in Regio 24 ragt in die Kieferhöhle	-	1	3	2
4. palatinal verlagert; in Regio 23; Krone im Alveolarkammverlauf	-	1	5	-
5. vestibulär verlagert; in Regio 23 liegend, fast senkrecht; der Apex liegt in der Kieferhöhle	-	1	3	2
6. palatinal horizontal verlagert; Krone Regio 21; Apex Regio 25.		2	3	1
7. palatinal horizontal verlagert; Krone in Regio 23; Apex in Regio 26.	1	2	3	-
Summe der Betrachtungen	2	11	22	7
Betrachtungen in %	4,8	26,2	52,4	16,6

4.2 Analyse der klinischen TSA

4.2.1 Übersichtsdarstellung der Ergebnisse

Tabelle 4.10 stellt sowohl die Einschätzung der Eckzahnlage (Spalte 1) nach vereinfachter Darstellung (siehe 3.3.2) als auch die Bewertung der sieben morphologischen Kriterien (Spalte 2-8) durch sechs Personen, bezogen auf 27 klinische TSA, dar.

Die erste Spalte der Tabelle 4.10 gibt wieder, wie viele der Betrachter, die auf der jeweiligen TSA dargestellten Eckzahnlage, in die Kategorien der vereinfachten Darstellung „vestibulär“, „palatinal“, „im Alveolarkammverlauf“ und „keine Aussage möglich“, eingeordnet haben.

In den folgenden Spalten ist dargestellt, welche Anzahl der sechs bewertenden Personen jedem morphologischen Kriterium eine Beurteilung zwischen 1-4, für jede einzelne transversale Schichtaufnahme, zugewiesen haben.

Für jedes Kriterium ergaben sich insgesamt 162 Beurteilungen, da sechs Betrachter 27 TSA bezüglich eines Kriteriums bewerteten.

Tab. 4.10: Übersichtsdarstellung der Ergebnisse der klinischen TSA

Vor dem Multiplikationszeichen steht jeweils die Anzahl der Betrachter, die sich übereinstimmend entschieden hat.

Hinter dem Multiplikationszeichen der ersten Spalte sind die Lagedefinitionen vest.= vestibulär, pal.= palatinal, Alv.= im Alveolarkammverlauf, k.A.= keine Aussage angegeben, für die sich die beurteilenden Personen entschieden haben. Folgende Spalten geben hinter dem Multiplikationszeichen die Einschätzungen der Kriterien von 1= „eindeutig erkennbar“, 2= „erkennbar“, 3= „fraglich“, 4= „keine Information“ an.

Kriterien klinische TSA Nr.	Einschätzung der Eckzahn- lage	Erkennbarkeit der Eckzahn- krone	Beurteilbarkeit des Wurzel- wachstum- stadiums	Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzen- abweichung	Erkennbarkeit des Parodontal- spaltes	Beurteilbar- keit einer Ankylose	Erkennbarkeit einer Lagebe- ziehung zu den Nachbarzähnen	Erkennbarkeit von Resorp- tionen an Nachbarzähnen
1	1xvest.; 5xpal.	6x2	2x2; 1x3; 3x4	2x2; 3x3; 1x4	6x4	6x4	2x2; 2x3; 2x4	1x3; 5x4;
2	3xvest.; 2xAlv.; 1x k.A.	5x2; 1x4	2x2; 1x3; 3x4	2x2; 4x4	6x4	6x4	1x2; 3x3; 2x4	3x3; 3x4
3	6xpal.	5x2; 1x3	6x4	6x4	6x 4	6x4	2x2; 1x3; 3x4	1x2; 2x3; 3x4
4	4xvest.; 2xpal.	2x1; 4x2	6x4	6x4	6x4	6x4	1x2; 2x3; 3x4	1x2; 2x3; 3x4
5	6xvest.	1x1; 5x2	6x4	1x3; 5x4	6x4	6x4	3x2; 2x3; 1x4	1x2; 3x3; 2x4
6	6xvest.	5x2; 1x3	6x4	6x 4	2x3; 4x4	6x4	4x3; 2x4	3x3; 3x4
7	4x pal.; 2xAlv.	1x1; 5x2	3x2; 1x3; 2x4	2x2; 1x3; 3x4	1x3; 5x4	6x4	1x2; 1x3; 4x4	1x2; 1x3; 4x4
8	6xpal.	3x1; 3x2	2x2; 2x3; 2x4	1x2; 3x3; 2x4	6x4	6x4	2x2; 2x3; 2x4	1x2; 2x3; 3x4
9	5xpal.; 1xk.A.	5x2; 1x4	1x3; 5x4	2x3; 4x4	1x2; 5x 4	6x4	3x2; 1x3; 2x4	3x3; 3x4
10	2xpal.; 4xAlv.	6x2	2x3; 4x4	1x2; 5x4	6x4	6x4	1x1; 1x2; 4x4	2x2; 4x4
11	5xpal.; 1xAlv.	5x2; 1x3	1x2; 5x4	1x2; 5x4	1x3; 5x 4	6x4	2x2; 1x3; 3x4	2x2; 1x3; 3x4
12	6xvest.	6x2	6x4	6x4	6x4	6x4	3x2; 2x3; 1x4	2x2; 4x4
13	5xpal.; 1xAlv	2x2; 4x3	6x4	6x4	6x4	6x4	2x3; 4x4	6x4
14	5xvest.; 1xAlv.	1x1; 5x2	1x2; 5x4	1x2; 5x4	6x4	6x4	1x2; 3x3; 2x4	1x3; 5x4
15	2xpal.; 2xAlv.; 2xk.A.	2x2; 1x3; 3x4	6x4	6x4	6x4	6x4	6x 4	6x4
16	6xpal.	6x2	1x2; 2x3; 3x4	1x2; 1x3; 4x4	6x4	6x4	2x2; 2x3; 2x4	4x3; 2x4
17	6xvest.	1x1; 5x2	1x2; 1x3; 4x4	1x2; 1x3; 4x4	3x3; 3x4	6x4	1x1; 3x2; 1x3; 1x4	1x3; 5x4
18	6xpal.	2x1; 4x2	3x3; 3x4	1x3; 5x4	1x3; 5x4	6x4	2x2; 3x3; 1x4	1x3; 5x4
19	5xvest.; 1xpal.	2x1; 4x2	3x2; 1x3; 2x4	1x2; 1x3; 4x4	1x2; 5x4	6x4	2x2; 3x3; 1x4	2x2; 1x3; 3x4
20	6xpal.	1x1; 5x2	6x4	6x4	6x4	6x4	2x3; 4x4	2x3; 4x4
21	1xvest.; 5xpal.	3x2; 3x3	6x4	6x4	6x4	6x4	2x2; 4x4	1x3; 5x4
22	6xpal.	1x1; 4x2; 1x3	6x4	6x4	6x4	6x4	4x2; 1x3; 1x4	3x3; 3x4
23	1xvest.; 5xpal	1x1; 5x2	2x2; 1x3; 3x4	3x2; 1x3; 2x4	1x3; 5x4	6x4	2x2; 3x3; 1x4	3x2; 3x4
24	5xpal.; 1xAlv	1x1; 5x2	1x2; 5x4	1x2; 5x4	6x4	6x4	3x2; 1x3; 2x4	2x2; 1x3; 3x4
25	6xpal.	1x1; 5x2	6x4	1x3; 5x4	6x4	6x4	1x2; 4x3; 1x4	1x3; 5x4
26	4xvest.; 1xpal.; 1xAlv.	4x2; 2x3	6x4	6x4	6x4	6x4	4x3; 2x4	6x4
27	2xvest.; 2xpal.; 2xAlv.	1x1; 3x2; 2x3	1x3; 5x4	6x4	6x4	6x4	3x2; 1x3; 2x4	1x3; 5x4

4.2.2 Einschätzung der Eckzahnlage

Tabelle 4.11 stellt 11 detaillierte Lagedefinitionen dar, die in Tabelle 4.12 zu übergeordneten Positionen (vereinfachte Darstellung) zusammengefasst sind. Beide Tabellen geben die Anzahl der Personen wieder, die sich für eine bestimmte Lage des Eckzahnes auf der jeweiligen TSA entschieden hat.

Tabelle 4.12 verdeutlicht, dass bei 24 von 27 TSA (89%) die jeweilige Zahnposition von mindestens vier Betrachtern (grau unterlegt) durch dieselbe Lagedefinition eingestuft wurde. Bei 20 von 27 TSA (74,1%) trafen mindestens fünf Betrachter übereinstimmend eine Aussage bezüglich einer Vestibulär- beziehungsweise Palatinallage. Eine 100%ige Übereinstimmung aller sechs Betrachter wurde für 11 der 27 TSA (40,7%) erreicht.

In Tabelle 4.11 ist erkennbar, dass auch bei stärkerer Untergliederung der übergeordneten Lagedefinitionen der Tabelle 4.12 noch bei 16 von 27 TSA (59,25%) mindestens vier (grau unterlegt) von sechs Personen den Eckzahn mit derselben Lagedefinition eingeschätzt haben. Bei TSA 8 stimmten alle sechs Personen für dieselbe Lage.

Im Fall der TSA 3, 11, 17, 18, 20, 21, 22, 24 und 25 wählte eine Mehrheit von vier oder fünf Betrachtern dieselbe Lagedefinition. Die übrigen Betrachter entschieden sich für eine Lagedefinition, die bei vereinfachter Darstellung (Tabelle 4.12) zu derselben Hauptgruppe „vestibulär“ beziehungsweise „palatinal“ gehört. Dies führt zu der in Tabelle 4.12 beschriebenen Übereinstimmung von fünf bis sechs Betrachtern für die jeweilige Hauptgruppe.

Ebenfalls wurde in Tabelle 4.12 deutlich, dass bei der Beurteilung der Lage für die TSA 5, 6, 12, 14, 16, und 23 jeweils fünf oder sechs Zuordnungen für dieselbe Lagedefinition abgegeben wurden, innerhalb der Untergruppen in Tabelle 4.11 die Bewertungen aber mit weniger Übereinstimmungen (maximal drei gleiche für eine Untergruppe) erfolgten. Beide Tabellen zeigen, dass die Lage „im Alveolarkammverlauf“ nur im Fall der TSA 10 eine mehrheitliche Übereinstimmung von vier Personen erhielt, ansonsten entschieden sich in den übrigen neun Fällen maximal zwei Personen für diese.

Bei TSA Nr. 2, 9 und 15 konnte „keine Aussage“ über die Lage des Eckzahnes gemacht werden.

Tab. 4.11: Detaillierte Beschreibung der Eckzahnlage

Anzahl der Beurteiler, die sich pro klinischer TSA für eine detaillierte Verlagerung entschieden hat.

Lagedefinitionen klinische TSA Nr.	1= Krone vestibulär, Wurzel stark nach distal gekippt	2= Krone vestibulär, Wurzel leicht nach distal gekippt	3= vestibulär vertikal	4= Krone vestibulär, Wurzel in der Horizontalen nach palatinal gekippt (sagittale Ausrichtung)	5= vestibulär	6= palatinal horizontal an den Seitenzahnwurzeln
1	-	-	1	-	-	-
2	-	1	-	1	1	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	4	-	-
5	-	2	2	-	2	-
6	1	2	1	-	2	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	6
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	1	1	2	-	2	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	2	-	-	3	-
15	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
17	4	-	-	1	1	-
18	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	5	-	-
20	-	-	-	-	-	-
21	1	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-
23	1	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	1	-
26	-	1	2	-	1	-
27	1	-	-	-	-	-

Lagedefinitionen klinische TSA Nr.	7=palatinal horizontal im Frontzahnggebiet an den Wurzeln gelegen	8=palatinal vertikal	9=Zahn palatinal in der Saggitalen ausgerichtet: Krone anterior, Wurzel posterior	10= palatinal	11= im Alveolarkamm- verlauf	12=keine Aussage
1	-	5	-	-	-	-
2	-	-	-	-	2	1
3	-	-	1	5	-	-
4	1	-	1	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
7	-	4	-	-	2	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	3	1	1	-	1
10	-	-	1	1	4	-
11	-	-	1	4	1	-
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	5	1	-
14	-	-	-	-	1	-
15	-	-	1	1	2	2
16	-	3	1	2	-	-
17	-	-	-	-	-	-
18	-	-	1	5	-	-
19	-	-	1	-	-	-
20	1	-	4	1	-	-
21	-	-	4	1	-	-
22	-	1	1	4	-	-
23	-	3	-	2	-	-
24	-	4	1	-	1	-
25	-	1	1	4	-	-
26	-	1	-	-	1	-
27	-	1	-	1	2	-

Tab. 4.12: Zusammenfassende Beschreibung der Eckzahnlage

Anzahl der Beurteiler, die sich pro klinischer TSA für eine der vier Verlagerungen entschieden hat.

Lagedefinitionen klinische TSA Nr.	1 = vestibuläre Verlagerung	2 = palatinale Verlagerung	3 = im Alveolarkammver- lauf	4 = keine Aussage
1	1	5	-	-
2	3	-	2	1
3	-	6	-	-
4	4	2	-	-
5	6	-	-	-
6	6	-	-	-
7	-	4	2	-
8	-	6	-	-
9	-	5	-	1
10	-	2	4	-
11	-	5	1	-
12	6	-	-	-
13	-	5	1	-
14	5	-	1	-
15	-	2	2	2
16	-	6	-	-
17	6	-	-	-
18	-	6	-	-
19	5	1	-	-
20	-	6	-	-
21	1	5	-	-
22	-	6	-	-
23	1	5	-	-
24	-	5	1	-
25	-	6	-	-
26	4	1	1	-
27	2	2	2	-
Summe der Beurteilungen	50	91	17	4
Betrachtungen in %	30,9	56,2	10,5	2,5

4.2.3 Erkennbarkeit der Eckzahnkrone

Die Krone des Eckzahnes ist für alle TSA durch die sechs Beurteiler mit 75,3% mehrheitlich als „erkennbar“ eingestuft worden. Innerhalb der Einstufung „erkennbar“ liegt für 17 von 27 transversalen Schichtaufnahmen (63%) eine mehrheitliche Übereinstimmung von fünf beziehungsweise sechs Personen vor (grau unterlegt).

Eine „eindeutige Erkennbarkeit“ der Eckzahnkrone wiesen die Beurteiler den 27 TSA mit 19 von 162 Beurteilungen (11,7%), eine „fragwürdige Erkennbarkeit“ mit 16 Beurteilungen (9,9%) sowie „keine Beurteilungsmöglichkeit“ mit fünf Zuordnungen (3,1%) zu, wobei nur für eine dieser TSA (Nr. 13) vier Übereinstimmungen erreicht wurden; ansonsten kam es zu maximal drei gleichen Einschätzungen.

Tab. 4.13: Erkennbarkeit der Eckzahnkrone auf 27 klinischen TSA

Anzahl der Beurteiler, die pro TSA eine Einstufung von 1-4 vorgenommen hat.

Bewertungsskala klinische TSA Nr.	1 = eindeutig erkennbar	2 = erkennbar	3 = fraglich	4 = keine Information
1	-	6	-	-
2	-	5	-	1
3	-	5	1	-
4	2	4	-	-
5	1	5	-	-
6	-	5	1	-
7	1	5	-	-
8	3	3	-	-
9	-	5	-	1
10	-	6	-	-
11	-	5	1	-
12	-	6	-	-
13	-	2	4	-
14	1	5	-	-
15	-	2	1	3
16	-	6	-	-
17	1	5	-	-
18	2	4	-	-
19	2	4	-	-
20	1	5	-	-
21	-	3	3	-
22	1	4	1	-
23	1	5	-	-
24	1	5	-	-
25	1	5	-	-
26	-	4	2	-
27	1	3	2	-
Summe der Betrachtungen	19	122	16	5
Betrachtungen in %	11,7	75,3	9,9	3,1

4.2.4 Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums

Eine Einschätzbarkeit des Wurzelwachstums auf den 27 TSA wurde hauptsächlich als unmöglich betrachtet, da 77,8% der Einschätzungen für „keine Information“ entfielen. Für 12 der 27 TSA (44,4%) lag eine 100%ige Übereinstimmung der Meinungen (grau unterlegt) für diese Bewertung vor. Für weitere fünf TSA (18,5%) kam es innerhalb dieses Kriteriums zu einer identischen Einschätzung von fünf Beurteilern. Die Bewertung „eindeutig erkennbar“ wurde in keinem Fall in Betracht gezogen. Für die Einstufungen „erkennbar“ und „fraglich“ wurden 36 von 162 Aussagen (22%) abgegeben, wobei höchstens drei Übereinstimmungen (50%) innerhalb der Gruppe erfolgten.

Tab. 4.14: Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums auf den klinischen TSA
Anzahl der Beurteiler, die sich pro TSA für eine Einstufung von 1-4 entschieden hat.

Bewertungsskala klinische TSA Nr.	1 = eindeutig erkennbar	2 = erkennbar	3 = fraglich	4 = keine Information
1	-	2	1	3
2	-	2	1	3
3	-	-	-	6
4	-	-	-	6
5	-	-	-	6
6	-	-	-	6
7	-	3	1	2
8	-	2	2	2
9	-	-	1	5
10	-	-	2	4
11	-	1	-	5
12	-	-	-	6
13	-	-	-	6
14	-	1	-	5
15	-	-	-	6
16	-	1	2	3
17	-	1	1	4
18	-	-	3	3
19	-	3	1	2
20	-	-	-	6
21	-	-	-	6
22	-	-	-	6
23	-	2	1	3
24	-	1	-	5
25	-	-	-	6
26	-	-	-	6
27	-	-	1	5
Summe der Betrachtungen	-	19	17	126
Betrachtungen in %	-	11,7	10,5	77,8

4.2.5 Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes

Die 27 TSA bieten nach Einschätzung der Beurteiler keine gute Möglichkeit, eine Information über den Parameter der Wurzelspitzenabweichung für eine Diagnostik bei Eckzahnretentionen zu erhalten. Dies wird anhand der im Ganzen 79,6%igen Zuordnungsmehrheit für die Bewertung „keine Information“ aus der Tabelle 4.15 deutlich. Bei 11 von 27 TSA (40,7%) kam es zu einer übereinstimmenden Meinung aller sechs Personen (grau unterlegt). In weiteren 12 Fällen (44,4%) wurden vier oder fünf identische Aussagen gemacht. Dies bedeutet, dass bei 23 von 27 TSA (85,2%) eine Mehrheit von mindestens vier Leuten innerhalb der Bewertergruppe vorlag.

Eine „eindeutige Erkennbarkeit“ wurde vollständig ausgeschlossen und für die Bewertung „erkennbar“ und „fraglich“ liegen überwiegend (16 Mal) Einzelmeinungen vor. Für eine „fragliche“ Aussagekraft bezüglich der Wurzelspitzenabweichung wurden insgesamt 16 der 162 Gesamteinschätzungen (9,9%) und für eine „Erkennbarkeit“ 17 der 162 Stimmen (10,49%) abgegeben.

Tab. 4.15: Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes

Anzahl der Beurteiler, die sich pro klinischer TSA für eine Einstufung von 1-4 entschieden hat.

Bewertungsskala klinische TSA Nr.	1 = eindeutig erkennbar	2 = erkennbar	3 = fraglich	4 = keine Information
1	-	2	3	1
2	-	2	-	4
3	-	-	-	6
4	-	-	-	6
5	-	-	1	5
6	-	-	-	6
7	-	2	1	3
8	-	1	3	2
9	-	-	2	4
10	-	1	-	5
11	-	1	-	5
12	-	-	-	6
13	-	-	-	6
14	-	1	-	5
15	-	-	-	6
16	-	1	1	4
17	-	1	1	4
18	-	-	1	5
19	-	1	1	4
20	-	-	-	6
21	-	-	-	6
22	-	-	-	6
23	-	3	1	2
24	-	1	-	5
25	-	-	1	5
26	-	-	-	6
27	-	-	-	6
Summe der Betrachtungen	-	17	16	129
Betrachtungen in %	-	10,5	9,9	79,6

4.2.6 Erkennbarkeit des Eckzahnparodontalspaltes

Über den Parodontalspalt des verlagerten Eckzahnes ist nach mehrheitlicher Ansicht der Betrachtergruppe (93,2%) auf den 27 transversalen Schichtaufnahmen „keine Information“ zu erlangen. Eine 100%ige Übereinstimmung der sechs Betrachter (grau unterlegt) lag für 19 transversale Schichtaufnahmen (70,4%) vor und für weitere sechs (22,2%) entstand eine Mehrheit von fünf Betrachtern.

Insgesamt entfielen neun von 162 Einschätzungen (5,5%) auf die Bewertung „fraglich“ und lediglich zwei (1,2%) auf „erkennbar“.

Tab. 4.16: Erkennbarkeit des Parodontalspaltes am Eckzahn auf 27 klinischen TSA
Anzahl der Beurteiler, die sich pro klinischer TSA für eine Einstufung von 1-4 entschieden hat.

Bewertungsskala klinische TSA Nr.	1 = eindeutig erkennbar	2 = erkennbar	3 = fraglich	4 = keine Information
1	-	-	-	6
2	-	-	-	6
3	-	-	-	6
4	-	-	-	6
5	-	-	-	6
6	-	-	2	4
7	-	-	1	5
8	-	-	-	6
9	-	1	-	5
10	-	-	-	6
11	-	-	1	5
12	-	-	-	6
13	-	-	-	6
14	-	-	-	6
15	-	-	-	6
16	-	-	-	6
17	-	-	3	3
18	-	-	1	5
19	-	1	-	5
20	-	-	-	6
21	-	-	-	6
22	-	-	-	6
23	-	-	1	5
24	-	-	-	6
25	-	-	-	6
26	-	-	-	6
27	-	-	-	6
Summe der Betrachtungen	-	2	9	151
Betrachtungen in %	-	1,2	5,5	93,2

4.2.7 Beurteilbarkeit einer Ankylose

Die sechs beurteilenden Personen dieser Studie bewerteten die „Erkennbarkeit einer Ankylose“ der retinierten Eckzähne als schlecht, da sie dieses Kriterium mit einer Übereinstimmung von 99,4% mit „keine Information“ einstufen.

Eine „Erkennbarkeit“ wurde grundsätzlich ausgeschlossen und lediglich eine Person entschied sich in einem Fall (TSA 2) für die Bewertung „fraglich“.

Tab. 4.17: Beurteilbarkeit einer Ankylose auf 27 klinischen TSA

Anzahl der Beurteiler, die sich pro klinischer TSA für eine Einstufung von 1-4 entschieden hat.

Bewertungsskala klinische TSA Nr.	1 = eindeutig erkennbar	2 = erkennbar	3 = fraglich	4 = keine Information
1	-	-	-	6
2	-	-	1	5
3	-	-	-	6
4	-	-	-	6
5	-	-	-	6
6	-	-	-	6
7	-	-	-	6
8	-	-	-	6
9	-	-	-	6
10	-	-	-	6
11	-	-	-	6
12	-	-	-	6
13	-	-	-	6
14	-	-	-	6
15	-	-	-	6
16	-	-	-	6
17	-	-	-	6
18	-	-	-	6
19	-	-	-	6
20	-	-	-	6
21	-	-	-	6
22	-	-	-	6
23	-	-	-	6
24	-	-	-	6
25	-	-	-	6
26	-	-	-	6
27	-	-	-	6
Summe der Betrachtungen	-	-	1	161
Betrachtungen in %	-	-	0,6	99,4

4.2.8 Erkennbarkeit der Lagebeziehungen des verlagerten Eckzahnes

Wie aus Tabelle 4.18 zu erkennen, ist für das Kriterium der „Erkennbarkeit der Lagebeziehungen des verlagerten Eckzahnes“ keine eindeutige Mehrheit für eine der vier Bewertungsmöglichkeiten erreicht worden.

Die letzten drei Einstufungen haben mit 38,9% für „keine Information“, 31,5% für eine „fragliche Erkennbarkeit“ und 28% für eine „Erkennbarkeit“ insgesamt dicht beieinander liegende Ergebnisse.

Als „eindeutig erkennbar“ wurde die Nachbarschaftsbeziehung des Eckzahnes lediglich für TSA 10 und 17 durch jeweils eine Zuordnung eingeschätzt (1,2%).

Ausschließlich bei der TSA 15 lag eine 100%ige Übereinstimmung innerhalb der Betrachtergruppe für die Aussage „keine Information“ vor. Bei allen übrigen TSA kam es zu einer Streuung der Meinungen für jede einzelne TSA, wobei maximal eine Übereinstimmung von vier Personen erreicht wurde (grau unterlegt).

Tab. 4.18: Erkennbarkeit der Lagebeziehung des verlagerten Eckzahnes zu den Nachbarzähnen

Anzahl der Beurteiler, die sich pro klinischer TSA für eine Einstufung von 1-4 entschieden hat.

Bewertungsskala klinische TSA Nr.	1 = eindeutig erkennbar	2 = erkennbar	3 = fraglich	4 = keine Information
1	-	2	2	2
2	-	1	3	2
3	-	2	1	3
4	-	1	2	3
5	-	3	2	1
6	-	-	4	2
7	-	1	1	4
8	-	2	2	2
9	-	3	1	2
10	1	1	-	4
11	-	2	1	3
12	-	3	2	1
13	-	-	2	4
14	-	1	3	2
15	-	-	-	6
16	-	2	2	2
17	1	3	1	1
18	-	2	3	1
19	-	2	3	1
20	-	-	2	4
21	-	2	-	4
22	-	4	1	1
23	-	2	3	1
24	-	3	1	2
25	-	1	4	1
26	-	-	4	2
27	-	3	1	2
Summe der Betrachtungen	2	46	51	63
Betrachtungen in %	1,2	28	31,5	38,9

4.2.9 Erkennbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen

Tabelle 4.19 stellt dar, dass insgesamt 65,4% der Gesamtbeurteilungen für die Einstufung „keine Information“ und 23,5% für eine „fragliche Erkennbarkeit“, sowie 11,1% für eine „Erkennbarkeit“ von Zahnhartsubstanzverlusten an angrenzenden Zähnen abgegeben wurden. Als „eindeutig erkennbar“ stuft keiner dieses Kriterium ein.

Bei zehn der 27 TSA (37%, grau unterlegt) kamen Übereinstimmungen von fünf und sechs Personen für die Einstufung „keine Information“ zustande.

Für die Einstufung „fraglich“ oder „erkennbar“ wurde für TSA 16 eine Mehrheit von vier gleichen Meinungen erreicht, für alle übrigen TSA teilten höchstens drei Personen dieselbe Einschätzung.

Tab. 4.19: Erkennbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen

Anzahl der Beurteiler, die sich pro TSA für eine Einstufung von 1-4 entschieden hat.

Bewertungsskala klinische TSA Nr.	1 = eindeutig erkennbar	2 = erkennbar	3 = fraglich	4 = keine Information
1	-	-	1	5
2	-	-	3	3
3	-	1	2	3
4	-	1	2	3
5	-	1	3	2
6	-	-	3	3
7	-	1	1	4
8	-	1	2	3
9	-	-	3	3
10	-	2	-	4
11	-	2	1	3
12	-	2	-	4
13	-	-	-	6
14	-	-	1	5
15	-	-	-	6
16	-	-	4	2
17	-	-	1	5
18	-	-	1	5
19	-	2	1	3
20	-	-	2	4
21	-	-	1	5
22	-	-	3	3
23	-	3	-	3
24	-	2	1	3
25	-	-	1	5
26	-	-	-	6
27	-	-	1	5
Summe der Betrachtungen	-	18	38	106
Betrachtungen in %	-	11,1	23,5	65,4

4.3 Vergleich der Analysen von Phantom- und klinischen TSA

Die Qualität der Phantom-TSA wurde im Vergleich zu der klinischen TSA insgesamt als besser beurteilt.

Die „Einschätzung der Eckzahnlage“ konnte auf den Phantom-TSA von allen sechs Beurteilern zu 71,4% gleich eingestuft werden, für die klinischen TSA lag die Übereinstimmung von allen Personen bei 40,7%.

Das Kriterium „Erkennbarkeit der Eckzahnkrone“ wurde sowohl für die Phantom- als auch für die klinischen TSA mehrheitlich als „erkennbar“ eingestuft.

Das „Wurzelwachstumsstadium“ hingegen konnte auf den Phantom-TSA überwiegend als „erkennbar“ bezeichnet werden, auf den klinischen TSA war es den sechs Personen allerdings mit 77,8% nicht möglich, eine Information zur Diagnostik dieses Parameters zu erlangen.

Die „Erkennbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Eckzahnes“ konnte zwar auf den Phantom-TSA nicht mit einer eindeutigen Zuordnung bewertet werden, es entfielen aber 40,5% der Beurteilungen auf eine „Erkennbarkeit“. Für die klinischen TSA konnte „keine Information“ (79,6%) bezüglich der „Wurzelspitzenabweichung“ abgeleitet werden.

Über den Parameter „Erkennbarkeit des Parodontalspaltes“ ist sowohl auf den Phantom- als auch auf den klinischen TSA überwiegend „keine Information“ zu erhalten, wobei mit 33,3% die Möglichkeit einer „Erkennbarkeit“ des Prämolarenparodontalspaltes auf den Phantom-TSA nicht ausgeschlossen wurde.

Die „Beurteilbarkeit einer Ankylose“ wurde für beide TSA-Varianten mit 95% bzw. 99,4% ausgeschlossen.

Obwohl für das Kriterium „Erkennbarkeit der Lagebeziehung des verlagerten Eckzahnes“ für die Phantom- und die klinischen TSA keine eindeutigen Mehrheiten erreicht wurden, lag die Mehrheit der Zuordnungen für die Phantom-TSA bei „erkennbar“ (52,4%) und für die klinischen TSA mit 38,9% bei „keine Information“.

Auch die „Erkennbarkeit von Resorptionen an dicht angrenzenden Zähnen“ fiel für die klinischen TSA schlechter aus, denn mit 65,4% entschieden sich die Betrachter dafür, dass kein Informationsgewinn zu erhalten ist, allerdings wurde die Beurteilbarkeit dieses Kriteriums auf den Phantom-TSA mit 52,4% auch als „fraglich“ eingestuft.

4.4 Nachuntersuchung

4.4.1 Intraindividuelle Nachuntersuchung der Phantom-TSA

Tabelle 4.20 und Tabelle 4.21 stellen die erneute Beurteilung der sieben Phantom-TSA durch zwei Betrachter dar. Tabelle 4.20 gibt die Ergebnisse des ersten Betrachters wieder und Tabelle 4.21 die des zweiten.

In jeder Spalte der Tabellen werden die Ergebnisse des ersten und zweiten Bewertungsdurchganges eines Betrachters gegenübergestellt.

Die Beurteilungen, die sich in dem zweiten Bewertungsdurchgang geändert haben, sind in allen Tabellen grau unterlegt.

Der erste Betrachter (Tabelle 4.20) hat seine Angaben des ersten Durchgangs insgesamt zehn Mal (17,8%) in dem zweiten Bewertungsdurchgang verändert. Bezüglich der „Einschätzung der Eckzahnlage“ für die TSA 3 entspricht die neu abgegebene Beurteilung der tatsächlichen Lage „im Alveolarkammverlauf“ (siehe 4.5.1).

Für die sieben morphologischen Kriterien kam es bei der „Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen“ zu einer vollständigen Übereinstimmung von dem ersten und zweiten Bewertungsdurchgang.

Die Kriterien Nr. 2, 5 und 6 wurden mit zwei (28,6%) voneinander abweichenden Einschätzungen im zweiten Durchgang beurteilt. Bei den übrigen drei Kriterien (Nr. 3, 4 und 7) fand hingegen nur eine Abweichung (14,2%) statt.

Die erste Person schätzte sowohl die „Erkennbarkeit der Eckzahnkrone“, die „Erkennbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums“ als auch die „Erkennbarkeit der Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen“ bei der zweiten Betrachtung um eine Note besser ein. Bei der „Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung“, der „Erkennbarkeit des Parodontalspalts“ und der „Beurteilbarkeit einer Ankylose“ fiel die Bewertung hingegen um ein bis zwei Noten schlechter aus.

Tab. 4.20: Intraindividuelle Nachuntersuchung des ersten Betrachters für die Phantom-TSA

Gebenüberstellung der Ergebnisse des ersten und zweiten Bewertungsdurchgangs durch den ersten Betrachter für die Phantom-TSA.

Spalte 1: 1= vestibulär, 2= palatinal, 3= im Alveolarkammverlauf.

Spalte 2-8: 1= „eindeutig erkennbar“, 2= „erkennbar“, 3= „fraglich“, 4= „keine Information“

Kriterien Nr. Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8
Phantom TSA Nr.	Einschätzung der Eckzahnlage	Erkennbarkeit der Eckzahn- krone	Beurteilbarkeit des Wurzel- wachstum- stadiums	Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzen- abweichung	Erkennbarkeit des Parodontal- spaltes	Beurteilbarkeit einer Ankylose	Erkennbarkeit einer Lage- beziehung zu den Nachbarzähnen	Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen
1	1 1	2 2	3 3	2 3	4 4	4 4	2 2	2 2
2	1 1	2 2	2 2	2 2	4 4	4 4	2 2	2 2
3	1 3	3 2	2 2	2 2	4 4	4 4	2 2	4 4
4	2 2	2 2	3 3	3 3	4 4	4 4	3 2	3 3
5	1 1	2 2	1 1	1 1	4 4	4 4	2 2	3 3
6	2 2	4 3	4 3	4 4	2 3	3 4	3 3	3 3
7	2 2	3 3	3 3	4 4	2 3	2 4	2 2	3 3
Abweichung in %	14,3	28,6	14,3	14,3	28,6	28,6	14,3	0

Die zweite Person (Tabelle 4.21) veränderte ihre Einschätzungen zur Erkennbarkeit der Kriterien sechs Mal (10,7%).

Die „Eckzahnlage“, genau wie die „Erkennbarkeit der Eckzahnkrone“ und die „Beurteilbarkeit einer Ankylose“ wurde durch die zweite Person in Tabelle 4.21 zu 100% dem ersten Bewertungsdurchgang entsprechend beurteilt.

Bei den morphologischen Kriterien 3, 5, 7 und 8 kam es zu jeweils einer abweichenden Einschätzung für die TSA 6 oder 7. Bei dem Kriterium der „Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung“ wurden zwei andere Bewertungen abgegeben.

Außer bei dem dritten Kriterium, bei dem die erneute Beurteilung um zwei Stufen besser ausfiel, kam es für die anderen Abweichungen zu einer schlechteren Einstufung.

Tab. 4.21: Intraindividuelle Nachuntersuchung des zweiten Betrachters für die Phantom-TSA

Gebenüberstellung der Ergebnisse des ersten und zweiten Bewertungsdurchgangs durch den zweiten Betrachter für die Phantom-TSA.

Spalte 1: 1= vestibulär, 2= palatinal, 3= im Alveolarkammverlauf.

Spalte 2-8: 1= „eindeutig erkennbar“, 2= „erkennbar“, 3= „fraglich“, 4= „keine Information“

Kriterien Nr. Kriterien	1	2	3	4	5	6	7	8
Phantom TSA Nr.	Einschätzung der Eckzahnlage	Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums	Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung	Erkennbarkeit des Parodontalspaltes	Beurteilbarkeit einer Ankylose	Erkennbarkeit einer Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen	Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen
1	1 1	2 2	4 4	2 2	4 4	4 4	2 2	4 4
2	1 1	2 2	2 2	2 4	4 4	4 4	3 3	3 3
3	3 3	2 2	2 2	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
4	2 2	2 2	2 2	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
5	1 1	1 1	2 2	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
6	2 2	2 2	4 2	4 4	3 4	4 4	3 3	3 3
7	2 2	2 2	4 4	2 3	4 4	4 4	2 3	2 3
Abweichung in %	0	0	14,2	28,6	14,2	0	14,2	14,2

4.4.2 Intraindividuelle Nachuntersuchung der klinischen TSA

Tabelle 4.22 und Tabelle 4.23 stellen die wiederholte Bewertung der 27 klinischen TSA durch zwei Betrachter dar. Tabelle 4.22 zeigt die Ergebnisse des ersten und Tabelle 4.23 die des zweiten Betrachters.

Die erste Person (Tabelle 4.22) hat die Angaben des ersten Durchgangs insgesamt 18 Mal (8,3%) bei der zweiten Bewertung geändert. Bezüglich der „Einschätzung der Eckzahnlage“ wurde für sieben TSA (25,9%) (Nr. 4, 6, 11, 13, 14, 17, 25) eine andere Eckzahnposition bestimmt. Die neuen Bewertungen bei TSA 6, 17 und 25 änderten sich in der detaillierten Lageeinschätzung, blieben aber jeweils in der Hauptgruppe „vestibulär“ oder „palatinal“, bei der übergeordneten Darstellung (siehe 3.3.2), bestehen. Bei TSA 4, 11, 13 und 14 änderte sich die Einschätzung von einer Hauptgruppe in eine andere, wobei die neueren Lagebeurteilungen für jeden Fall der wirklichen Position entsprachen (siehe 4.5.2).

Für die sieben morphologischen Kriterien (Spalte 2-8) lagen die abweichenden Meinungen der ersten und zweiten Beurteilung für den ersten Betrachter zwischen 0% bei

„Erkennbarkeit einer Ankylose“ und „Erkennbarkeit des Parodontalspaltes“ und 11% (3 abweichende Beurteilungen bei 27 TSA) für die Kriterien „Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums“ und „Erkennbarkeit von Resorptionen an den Nachbarzähnen“.

Außer bei dem Kriterium „Erkennbarkeit der Lagebeziehung“, welches die erste Person beim zweiten Mal, im Fall von zwei TSA, als besser erkennbar einordnete (statt 3= „fraglich“ eine 2= „erkennbar“), beurteilte sie die anderen vier Kriterien 1, 2, 3 und 7 um ein bis zwei Stufen schlechter.

Tab. 4.22: Intraindividuelle Nachuntersuchung des ersten Betrachters für die klinischen TSA

Gebenüberstellung der Ergebnisse des ersten und zweiten Bewertungsdurchgangs durch den ersten Betrachter.

Spalte 1: detaillierte Lagebeschreibungen von 1-11 (siehe 3.3.2)

Spalte 2-8: 1= „eindeutig erkennbar“, 2= „erkennbar“, 3= „fraglich“, 4= „keine Information“

Kriterien Nr. Kriterien TSA Nr.	1 Einschätzung der Eckzahnlage	2 Erkennbarkeit der Eckzahn- krone	3 Beurteilbarkeit des Wurzel- wachstum- stadiums	4 Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzen- abweichung	5 Erkennbarkeit des Parodontal- spaltes	6 Beurteilbarkeit einer Ankylose	7 Erkennbarkeit einer Lage- beziehung zu den Nachbar- zähnen	8 Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen
1	8 8	2 2	4 4	3 3	4 4	4 4	3 3	3 3
2	11 11	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
3	10 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
4	9 4	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 2	3 3
5	3 3	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
6	2 4	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	4 4
7	11 11	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
8	6 6	2 2	3 3	3 4	4 4	4 4	2 2	3 3
9	8 8	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
10	11 11	2 2	3 3	4 4	4 4	4 4	2 2	2 3
11	11 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
12	3 3	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	2 3
13	11 10	3 4	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	4 4
14	11 2	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
15	11 11	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4
16	8 8	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
17	1 4	2 2	3 4	3 4	4 4	4 4	2 2	3 3
18	10 10	2 2	3 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
19	4 4	2 2	2 4	4 4	4 4	4 4	3 2	3 3
20	9 9	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
21	9 9	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
22	8 8	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
23	10 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	2 3
24	11 11	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
25	8 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
26	11 11	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	4 4
27	11 11	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
Abweichung in %	25,9	3,7	11,1	7,4	0	0	7,4	11,1

Bei der zweiten Person (Tabelle 4.23) ergaben sich im Vergleich zur ersten Beurteilung der 27 TSA insgesamt 25 (11,6%) veränderte Ergebnisse.

Fünf (18,5%) abweichende Beurteilungen entstanden für das erste Kriterium. Vier (TSA 6, 12, 17, 26) der fünf anders lautenden Einschätzungen für die detaillierteren Lagebeschreibungen variierten lediglich innerhalb der Hauptgruppe „vestibulär“ bei vereinfachter Darstellung (siehe 3.3.2). Für die TSA 10 wurde die Bewertung „im Alveolar-kammverlauf“ in die später auch bestätigte Lage „palatinal“ verändert (siehe 4.5.2).

Bei den morphologischen Kriterien kam es zu null („Beurteilbarkeit einer Ankylose“), zwei (7,4% bei Kriterium 3, 4 und 5), drei (11% bei „Erkennbarkeit der Eckzahnkrone“), vier (14,8% bei „Erkennbarkeit der Lagebeziehung“) und sieben (25,9% bei „Erkennbarkeit von Resorptionen“) abweichenden Einschätzungen für die 27 TSA bei der zweiten Bewertung.

Der zweite Betrachter bewertete, genau wie der erste Betrachter, fast alle morphologischen Kriterien beim zweiten Mal ein bis zwei Stufen schlechter. Nur die „Erkennbarkeit der Eckzahnkrone“ stufte er bei TSA 3 und 11 von „fraglich“ zu „erkennbar“.

Tab. 4.23: Intraindividuelle Nachuntersuchung des zweiten Betrachters für die klinische TSA

Gebenüberstellung der Ergebnisse des ersten und zweiten Bewertungsdurchgangs durch den zweiten Betrachter.

Spalte 1: detaillierte Lagebeschreibungen von 1-11 (siehe 3.3.2)

Spalte 2-8: 1= „eindeutig erkennbar“, 2= „erkennbar“, 3= „fraglich“, 4= „keine Information“

Kriterien Nr. Kriterien TSA Nr.	1 Einschätzung der Eckzahnlage	2 Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	3 Beurteilbarkeit des Wurzel- wachstum- stadiums	4 Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzen- abweichung	5 Erkennbarkeit des Parodontal- spaltes	6 Beurteilbarkeit einer Ankylose	7 Erkennbarkeit einer Lage- beziehung zu den Nachbarzähnen	8 Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen
1	8 8	2 2	2 2	2 2	4 4	4 4	2 2	4 4
2	4 4	2 2	2 3	2 4	4 4	4 4	3 3	3 3
3	10 10	3 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
4	4 4	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
5	2 2	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
6	3 4	2 2	4 4	4 4	3 4	4 4	3 3	3 3
7	8 8	2 2	2 2	2 2	4 4	4 4	2 3	2 3
8	6 6	1 1	2 2	2 2	4 4	4 4	3 3	3 3
9	8 8	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
10	11 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	1 3	2 3
11	10 10	3 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 3	2 3
12	2 3	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	2 3
13	10 10	3 4	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	4 4
14	2 2	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	4 4
15	9 9	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4
16	10 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
17	1 4	2 2	4 4	4 4	3 4	4 4	1 2	4 4
18	10 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	4 4
19	4 4	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	2 4
20	9 9	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	3 3
21	9 9	3 3	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	4 4
22	10 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	3 3
23	8 8	2 2	2 4	2 4	4 4	4 4	3 3	2 4
24	8 8	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	2 3
25	10 10	2 2	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	4 4
26	2 3	3 3	4 4	4 4	4 4	4 4	3 3	4 4
27	8 8	3 3	4 4	4 4	4 4	4 4	2 2	4 4
Abweichung in %	18,5	11,1	7,4	7,4	7,4	0	14,8	25,9

4.4.3 Interindividuelle Nachuntersuchung der Phantom-TSA

Aus Tabelle 4.24 können die Ergebnisse entnommen werden, die bei der erneuten Betrachtung von zwei (Nr. 1 und 5), aus anfangs sieben, ausgelosten Phantom-TSA, ermittelt wurden. Auch diese zwei transversalen Schichtaufnahmen wurden wiederholt anhand aller acht Kriterien bewertet.

Die erste und die zweite Betrachtung der sechs Personen werden direkt gegenübergestellt.

Das erste Kriterium „Einschätzung der Eckzahnlage“ gibt die Gegenüberstellung der Anzahl der Betrachter an (jeweils 6), die sich für eine der vier Lagedefinitionen entschieden hat.

Die Spalten der morphologischen Kriterien 2 bis 8 stellen die Personenanzahl dar, die sich für eine Einstufung der Skala 1-4 (von „eindeutig erkennbar“ bis „keine Information“) ausgesprochen hat.

Insgesamt kam es bei der interindividuellen Nachuntersuchung der Phantom-TSA zwischen der ersten und der zweiten Betrachtung 14 Mal (87,5%) zu einer Übereinstimmung der Bewertungen von mindestens vier Beurteilern.

Für die „Einschätzung der Eckzahnlage“ hatten jeweils beide Betrachtungen, sowohl bei der TSA Nr. 1, als auch bei der Nr. 5, dasselbe Ergebnis, so dass sich eine 100%-Übereinstimmung ergab.

Für die morphologischen Kriterien 2 bis 8 wurden insgesamt 14 Gegenüberstellungen der Ergebnisse durchgeführt. Von diesen waren zwei Einschätzungen (14,3%) der zweiten Betrachtung entsprechend der ersten, denn bei der „Beurteilbarkeit einer Ankylose“ kam es für beide TSA zu einer 100%-Übereinstimmung (grau unterlegt). Die restlichen 12 Vergleiche (85,7%) beinhalteten beim zweiten Durchgang bis zu fünf abweichende Einschätzungen.

Drei der 12 abweichenden Aussagen wurden bei dem Wiederholungsdurchgang durch eine Person besser (Kriterium 2, TSA Nr. 1 und Nr. 5 sowie Kriterium 7 mit TSA Nr. 5) und ebenfalls drei als schlechter (Kriterium 4 und 5, TSA Nr. 5 sowie Kriterium 5, TSA Nr. 1) eingestuft.

Bei dem Kriterium 4 wurde die TSA Nr. 1 sowohl um eine Benotung besser, als auch um eine schlechter bewertet.

Zwei Personen beurteilten die TSA Nr. 5, in Bezug auf die „Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadium“ und die „Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen“, genau wie die TSA 1 bei Kriterium 7, beim zweiten Bewertungsdurchgang schlechter. Bei der TSA Nr. 1 kamen drei Abweichungen mit einer schlechteren Einschätzung für das Kriterium der „Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen“ und fünf Unterschiede bei der „Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums“ zusammen.

Tab. 4.24: Interindividuelle Nachuntersuchung der Phantom-TSA

Gebenüberstellung der Ergebnisse des ersten und zweiten Bewertungsdurchgangs durch alle sechs Betrachter für zwei Phantom-TSA.

Vor dem Multiplikationszeichen steht jeweils die Anzahl der Betrachter, die sich übereinstimmend entschieden hat.

Hinter dem Multiplikationszeichen:

Spalte 1: 1= vestibulär; 2= palatinal; 3= im Alveolarkammverlauf; 4= „keine Aussage möglich“

Spalte 2-8: 1= „eindeutig erkennbar“; 2= „erkennbar“; 3= „fraglich“; 4= „keine Information“

Kriterien Nr.		1	2	3	4
Kriterien Phantom TSA		Einschätzung der Eckzahnlage	Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums	Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung
Nr. 1	1. Betrachtung	6x1	1x1; 4x2; 1x3	1x1; 4x2; 1x3	1x2; 1x3; 4x4
	2. Betrachtung	6x1	2x1; 3x2; 1x3	5x3; 1x4	3x3; 3x4
	Übereinstimmung	100%	5	1	4
	Abweichung		1 besser	5 schlechter	1besser; 1schlechter
Nr. 5	1. Betrachtung	6x1	3x1; 3x2	3x1; 3x2	3x1; 3x2
	2. Betrachtung	6x1	4x1; 2x2	2x1; 2x2; 2x3	2x1; 3x2; 1x3
	Übereinstimmung	100%	5	4	5
	Abweichung		1 besser	2 schlechter	1 schlechter

Kriterien Nr.		5	6	7	8
Kriterien		Erkennbarkeit des Parodontalspaltes	Beurteilbarkeit einer Ankylose	Erkennbarkeit einer Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen	Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen
Phantom TSA					
Nr. 1	1. Betrachtung	1x2; 1x3; 4x4	6x4	6x2	1x1; 2x2; 2x3; 1x4
	2. Betrachtung	1x3; 5x4	6x4	4x2; 2x3	3x2; 3x4
	Übereinstimmung	5	100%	4	3
	Abweichung	1 schlechter	0	2 schlechter	3 schlechter
Nr. 5	1. Betrachtung	1x2; 1x3; 4x4	6x4	2x2; 4x3	1x2; 3x3; 2x4
	2. Betrachtung	1x3; 5x4	6x4	3x2; 3x3	2x3; 4x4
	Übereinstimmung	5	100%	5	4
	Abweichung	1 schlechter	0	1 besser	2 schlechter

4.4.4 Interindividuelle Nachuntersuchung der klinischen TSA

Tabelle 4.25 gibt die Ergebnisse der wiederholten Einschätzung von drei (TSA Nr. 3, 14 und 22), aus den 27 ursprünglichen TSA ausgelosten, klinischen transversalen Schichtaufnahmen anhand aller acht Kriterien wieder.

Die zwei ersten, zu jeweils einer TSA-Nummer gehörenden Zeilen, beschreiben die Gegenüberstellung der ersten und zweiten Betrachtung durch alle sechs Personen. In der ersten Spalte (Kriterium 1) ist jeweils vor dem Multiplikationszeichen die Anzahl der Betrachter angegeben, die sich für eine der detaillierten Lagedefinitionen 1-11 (siehe 3.3.2) zur „Einschätzung der Eckzahnlage“ entschieden hat. Die zweite Spalte (Kriterium 1a) gibt die von ihnen in den Hauptgruppen eingeschätzte Eckzahnlage an. Die Spalten der Kriterien 2 bis 8 stellen die Personenzahl dar, die sich für eine Einstufung der Skala 1-4 (von „eindeutig erkennbar“ bis „keine Information“) aussprachen.

Bei der interindividuellen Nachuntersuchung der klinischen TSA kam es insgesamt zwischen der ersten und der zweiten Betrachtung 25 Mal (92,6%) zu einer Übereinstimmung der Bewertungen von mindestens vier Beurteilern.

Für das Kriterium der „Einschätzung der Eckzahnlage“ weicht, in Bezug auf die TSA Nr. 3 (Kriterium 1 und 1a), bei der zweiten Begutachtung der Röntgenbilder nur ein Betrachter von der ersten Einschätzung ab. Er bewertet die Lage des Eckzahnes statt

„palatinal“ (detaillierte Lage 10) als „im Alveolarkammverlauf“ (detaillierte Lage 11) liegend.

Der Vergleich der Ergebnisse für die TSA Nr. 14 ergibt, dass bei der ersten Betrachtung fünf Aussagen für die Hauptgruppe „vestibulär“ (Kriterium 1a) getätigt wurden, wobei diese sich mit einer Personenanzahl von 2:3 (2x2; 3x5) innerhalb der detaillierten Lagedefinitionen aufteilten. Weiterhin schätzte ein Beurteiler den Zahn bei der ersten Betrachtung als „im Alveolarkamm“ liegend ein. Beim zweiten Durchgang wurde der Zahn, mit einer Aufteilung der Einschätzung im Verhältnis 5:1 für die detaillierte Position (Kriterium 1), ausschließlich in der Hauptgruppe „vestibulär“ gesehen.

Die Gegenüberstellung der ersten und zweiten Betrachtung von TSA Nr. 22 zeigt, dass alle Personen den Eckzahn jedes Mal in der Hauptgruppe „palatinal“ liegend, gesehen haben. Innerhalb der detaillierteren Einschätzungen wurden ebenfalls übereinstimmende Lagedefinitionen (Nr. 8, 9 und 10), allerdings mit unterschiedlicher Häufigkeit (1:1:4 zu 2:2:2), genannt.

Für die morphologischen Kriterien 2 bis 8 fanden 21 Gegenüberstellungen der Ergebnisse statt. Von diesen fielen neun Einschätzungen (42,9%; grau unterlegt) der zweiten Betrachtung entsprechend der ersten aus, denn bei der „Erkennbarkeit des Parodontalspaltes“ und der „Beurteilbarkeit einer Ankylose“ kam es für alle drei TSA, genau wie bei Kriterium 4 für TSA Nr. 3 und 22, sowie für Kriterium 3 für TSA Nr. 3, zu einer 100%-Übereinstimmung. Die restlichen 12 Vergleiche (57,1%) beinhalteten bei der zweiten Betrachtung bis zu drei abweichende Einschätzungen.

Vier der 12 abweichenden Aussagen wurden bei dem Wiederholungsdurchgang durch eine Person, auf der Skala 1-4, besser (Kriterium 2, TSA 3 und 22; TSA 14 Kriterium 3 und 8) und zwei schlechter (TSA Nr. 14, Kriterium 2 und 4) eingestuft.

Zwei Personen beurteilten die „Erkennbarkeit der Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen“ beim zweiten Mal besser (TSA Nr. 3 und 14) und bei der TSA 22 schlechter. Auch bei dem Kriterium 8 wurden die TSA 3 und 22 durch zwei Betrachter schlechter bewertet.

Für das Kriterium 3, TSA Nr. 22 wurden drei Abweichungen mit einer besseren Einschätzung ermittelt.

Tab. 4.25: Interindividuelle Nachuntersuchung der klinischen TSA

Gebenüberstellung der Ergebnisse des ersten und zweiten Bewertungsdurchgangs durch alle sechs Betrachter für drei klinische TSA.

Vor dem Multiplikationszeichen steht jeweils die Anzahl der Betrachter, die sich übereinstimmend entschieden hat.

Hinter dem Multiplikationszeichen:

Spalte 1: detaillierte Lagedefinitionen 1-11 (siehe 3.3.2)

Spalte 1a: vest.= vestibulär; pal.= palatinal; Alv.= im Alveolarkammverlauf;

Spalte 2-8: 1= „eindeutig erkennbar“; 2= „erkennbar“; 3= „fraglich“; 4= „keine Information“

Kriterien Nr.		1	1a	2	3	4
klinische TSA	Kriterien	Einschätzung der Eckzahnlage (detailliert)	Einschätzung der Eckzahnlage (Hauptgruppen)	Erkennbarkeit der Eckzahnkrone	Beurteilbarkeit des Wurzelwachstumsstadiums	Beurteilbarkeit einer Wurzelspitzenabweichung
	Nr. 3					
	1. Betrachtung	1x 9; 5x 10	6xpal.	5x2; 1x3	6x4	6x4
	2. Betrachtung	1x 9; 4x 10; 1x 11	5xpal.; 1xAlv.	6x2	6x4	6x4
	Übereinstimmungen	5	5	5	6	6
	Abweichungen	1	1	1 besser	0	0
Nr. 14						
	1. Betrachtung	2x 2; 3x 5; 1x 11	5xvest.; 1xAlv.	1x1; 5x2	1x2; 5x4	1x2; 5x4
	2. Betrachtung	5x 2; 1x 4	6xvest.	1x1; 4x2; 1x3	1x2; 1x3; 4x4	1x3; 5x4
	Übereinstimmungen	2	5	5	5	5
	Abweichungen	4	1	1 schlechter	1 besser	1 schlechter
Nr. 22						
	1. Betrachtung	1x 8; 1x 9; 4x 10	6xpal.	1x1; 4x2; 1x3	6x4	6x4
	2. Betrachtung	2x 8; 2x 9; 2x10	6xpal.	1x1; 5x2	3x3; 3x4	6x4
	Übereinstimmungen	4	6	5	3	6
	Abweichungen	2	0	1 besser	3 besser	0

Kriterien Nr.		5	6	7	8
klinische TSA	Kriterien	Erkennbarkeit des Parodontalspaltes	Beurteilbarkeit einer Ankylose	Erkennbarkeit einer Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen	Erkennbarkeit von Resorptionen an Nachbarzähnen
	Nr. 3				
	1. Betrachtung	6x4	6x4	2x2; 1x3; 3x4	1x2; 2x3; 3x4
	2. Betrachtung	6x4	6x4	2x2; 3x3; 1x4	1x3; 5x4
	Übereinstimmungen	6	6	4	4
	Abweichungen	0	0	2 besser	2 schlechter
	Nr. 14				
	1. Betrachtung	6x4	6x4	1x2; 3x3; 2x4	1x3; 5x4
	2. Betrachtung	6x4	6x4	3x2; 2x3; 1x4	1x2; 1x3; 4x4
	Übereinstimmungen	6	6	4	5
	Abweichungen	0	0	2 besser	1 besser
	Nr. 22				
	1. Betrachtung	6x4	6x4	4x2; 1x3; 1x4	3x3; 3x4
	2. Betrachtung	6x4	6x4	3x2; 3x4	2x3; 4x4
	Übereinstimmungen	6	6	4	4
	Abweichungen	0	0	2 schlechter	2 schlechter

4.5 Verifizierung

4.5.1 Verifizierung der Lagebestimmung des Eckzahnes für die Phantom-TSA

In Tabelle 4.26 werden die durch die Betrachtergruppe für jede der sieben Phantom-TSA mehrheitlich gewählten Eckzahnlageeinschätzungen mit den im Phantomschädel definierten Eckzahnlokalisationen verglichen und die prozentuale Übereinstimmung in der untersten Zeile angegeben.

Für alle sieben TSA zeigt sich, dass die Mehrheitsmeinung der Beurteiler auch der tatsächlichen Lage entspricht, wobei die durch die sechs Personen angenommene Eckzahnlage bei TSA 1, 2, 5, 6 und 7 zu 100% übereinstimmt. Bei TSA 3 weicht eine Person und bei TSA 4 weichen zwei Personen von den richtigen Einschätzungen der Mehrheit ab, so dass die Lokalisation des Eckzahnes im Phantomschädel mit 83,3% bzw. 66,6% richtig erkannt worden ist.

Tab. 4.26: Verifizierung der Lagebestimmung des Eckzahnes (Phantom-TSA)

Prozentuale Übereinstimmung der mehrheitlich, durch die sechs Beurteiler, gewählten Eckzahnlage mit den tatsächlich im Phantomschädel vorliegenden Eckzahnpositionen.

Phantom-TSA Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Mehrheitliche Lageeinschätzung	vestibulär	vestibulär	Alveolarkamm	palatinal	vestibulär	palatinal	palatinal
Tatsächliche Lage	vestibulär	vestibulär	Alveolarkamm	palatinal	vestibulär	palatinal	palatinal
Übereinstimmung	100%	100%	83,3%	66,60%	100%	100%	100%

4.5.2 Verifizierung der Lagebestimmung des Eckzahnes für die klinischen TSA

Tabelle 4.27 zeigt in der ersten Spalte die durch die Beurteiler insgesamt eingeschätzte Eckzahnlage (in Hauptgruppen) für alle 27 TSA. Die zweite Spalte stellt die durch die Personenmehrheit wiedergegebene Eckzahnlage dar und die dritte Spalte gibt die tatsächliche Lage der auf den 27 klinischen TSA dargestellten Eckzähnen an. In der letzten Spalte ist die prozentuale Übereinstimmung der richtig eingeschätzten Eckzahnlage mit der tatsächlichen Lage dargestellt.

Es ist erkennbar, dass für 21 von 27 klinischen TSA (77,7%) über 50% der bewertenden Personen die tatsächliche Eckzahnlage richtig eingeschätzt haben. Eine 100%-Übereinstimmung (dunkelgrau unterlegt) wurde bei 12 TSA (44,4%) erreicht und fünf Personen (83,3%, grau unterlegt) erkannten die Eckzahnlage für sieben TSA (26%). Eine 66,6% Übereinstimmung ergab sich noch für zwei TSA (Nr. 4 und 7).

Bei sechs der transversalen Schichtaufnahmen wurden nur drei und weniger richtige Übereinstimmungen für die Eckzahnlage abgegeben.

Tab. 4.27: Verifizierung der Lagebestimmung des Eckzahnes (klinische TSA)

Prozentuale Übereinstimmung der mehrheitlich, durch die sechs Beurteiler, gewählten Eckzahnlage mit den tatsächlich klinisch nachgewiesenen Eckzahnpositionen.

Vor dem Multiplikationszeichen der ersten Spalte steht jeweils die Anzahl der Betrachter, die sich übereinstimmend entschieden hat. Hinter dem Multiplikationszeichen sind die Lagedefinitionen vest.= vestibulär, pal.= palatinal, Alv.= im Alveolarkammverlauf, k.A.= „keine Aussage“ angegeben.

klinische TSA Nr.	Eckzahnlage einschätzung (Hauptgruppen) insgesamt	Mehrheitliche Lageeinschätzung	Tatsächliche Lage	Übereinstimmung der richtig eingeschätzten Eckzahnlage in %
1	1xvest.; 5xpal.	palatinal	palatinal	83,30%
2	3xvest.; 2xAlv.; 1xk.A.	vestibulär	vestibulär	50%
3	6xpal.	palatinal	palatinal	100%
4	4xvest.; 2xpal.	vestibulär	vestibulär	66,60%
5	6xvest.	vestibulär	vestibulär	100%
6	6xvest.	vestibulär	vestibulär	100%
7	4xpal.; 2xAlv.	palatinal	palatinal	66,60%
8	6xpal.	palatinal	palatinal	100%
9	5xpal.; 1xk.A.	palatinal	palatinal	83,30%
10	2xpal.; 4xAlv.	Alveolarkamm	palatinal	33,30%
11	5xpal.; 1xAlv.	palatinal	palatinal	83,30%
12	6xvest.	vestibulär	vestibulär	100%
13	5xpal.; 1xAlv.	palatinal	palatinal	100%
14	5xvest.; 1xAlv.	vestibulär	vestibulär	83,30%
15	2xpal.; 2xAlv.; 2xk.A.	keine Mehrheit	palatinal	33,30%
16	6xpal.	palatinal	palatinal	100%
17	6xvest.	vestibulär	vestibulär	100%
18	6xpal.	palatinal	palatinal	100%
19	5xvest.; 1xpal.	vestibulär	vestibulär	83,30%
20	6xpal.	palatinal	palatinal	100%
21	1xvest.; 5xpal.	palatinal	palatinal	83,30%
22	6xpal.	palatinal	palatinal	100%
23	1xvest.; 5xpal.	palatinal	palatinal	83,30%
24	5xpa.; 1xAlv.	palatinal	Alveolarkamm	16,60%
25	6xpal.	palatinal	palatinal	100%
26	4xvest.; 1xpal.; 1xAlv.	vestibulär	Alveolarkamm	16,60%
27	2xvest.; 2xpal; 2xAlv.	keine Mehrheit	vestibulär	33,30%

5 Diskussion

5.1 Vergleich der Röntgentechniken

Da die Lage des oberen Eckzahnes die größte Variabilität im menschlichen Gebiss aufweist (Basdra et al. 2000), gilt es für den Kieferorthopäden die Präsenz dieser Zahndurchbruchsanomalien zu erkennen und einzuschätzen, um unerwünschte Folgen zu verhindern (Becker 1999).

Der Kieferorthopäde ist bei der Diagnostik und Therapiekontrolle in hohem Maße vom Röntgenbefund abhängig. Er muss bei der Auswahl des geeigneten Aufnahmeverfahrens darum bemüht sein, den höchsten Informationswert dieses Röntgenbefundes zu erreichen (Sonnabend 1976). Allerdings hängt die Entscheidung für ein Aufnahmeverfahren nicht allein von dem Informationswert ab, sondern muss sich an dem in der wissenschaftlichen Literatur und an dem in der Röntgenverordnung betonten Minimierungsprinzip (ALARA-Prinzip= as low as reasonably achievable) für die Strahlenexposition orientieren (Sonnabend 1976; Bundesamt für Strahlenschutz 1993; Visser et al. 1997; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2000; Kaeppler 2001). Die Novelle der Röntgenverordnung weist explizit auf eine Abwägung des gesundheitlichen Nutzens bei strenger Indikationsstellung unter Berücksichtigung dosisärmerer vergleichbarer diagnostischer Verfahren hin.

Ist jedoch nur durch ein bestimmtes Aufnahmeverfahren mit höherer Strahlenexposition ein Optimum an diagnostischer Information des Röntgenbefundes zu erreichen, so bestehen für seine Anwendung keine Bedenken (Sonnabend 1976; Sitzmann 1993; Kaeppler 2001).

Die Wahl der anzuwendenden Röntgentechnik hat der verantwortungsbewusste Kieferorthopäde nach Abwägen des diagnostischen Wertes gegenüber den Kosten, der Dosis und dem Risiko der Induktion eines Tumors, selbst zu treffen und zu vertreten (Sonnabend 1976, 1988; Möbes et al. 1999; Kaeppler 2001; Fuhrmann et al. 2003).

Eine praxisorientierte, strahlenhygienische und kostenreduzierte Diagnostik wird somit zunehmend bedeutungsvoller.

Nach *Blindhofer et al.* (1997) kann die Position verlagertter Zähne in den meisten Fällen mit konventionellen radiologischen Verfahren bestimmt werden. Eine Erweiterung des

diagnostisch-apparativen Aufwandes fördert allerdings die Sicherheit der Einschätzung der Zahnlage und das Erkennen initialer Läsionen.

Aufgrund ihrer umfassenden Verfügbarkeit kommt der Panoramaschichtaufnahme nach *Möbes et al.* (1999) eine zentrale Bedeutung zu. Die Diagnostik von Läsionen an den permanenten Schneidezähnen, im Sinne von Wurzelresorptionen durch verlagerte obere Eckzähne, ist allerdings nicht exakt durchführbar (Freisfeld et al. 1999). Ebenfalls ist die Lagebestimmung, bzw. die Einschätzung der oro-vestibulären Lage des Eckzahnes im Alveolarfortsatz und zum lateralen Inzisivus durch die anterior-posterior Darstellung auf der PSA nicht genau möglich (Düker 1992; Kaepler et al. 1995; Crismani 2000; Hirschfelder 2000).

Anhand der Panoramaschichtaufnahme kann ein ektopischer Eckzahn aber relativ früh diagnostiziert werden (Dausch-Neumann 1970), so dass dieses Röntgenverfahren bei klinischem Verdacht auf eine Retention oberer Canini der Bestätigung dienen und nach Bedarf durch weitere bildgebende Verfahren ergänzt werden kann (Freisfeld et al. 1999; Möbes et al. 1999).

Fuhrmann et al. (2003) sehen ebenfalls, unter Berücksichtigung des ALARA-Prinzips, einen Einsatz des Orthopantomogramms (0,01mSv) als Basisdiagnostik, mit einer nachfolgenden indikationsabhängigen Bildgebung durch die TSA oder die DVT, als sinnvoll an.

Sowohl die Parallaxemethode, die verlagerte Zähne anhand von exzentrisch eingestellten Zahnfilmen darstellt, als auch die halbaxiale Okklusalaufnahme des Oberkiefers, stellen Möglichkeiten zur präoperativen Lagebestimmung verlagelter Eckzähne in vestibulo-palatinaler Verlagerungsebene dar (Clark 1909; Hirschfelder 1983; Holmes und Nashed 1990; Düker 1992; Bishara 1998; Hirschfelder 2000; Pasler und Visser 2000; Harzer 2002).

Zur Anwendbarkeit der Parallaxemethode gibt es in der Literatur unterschiedliche Meinungen. *Ericson und Kurol* (1987a) ermittelten, dass ein Behandler die Position eines unkompliziert verlagerten Eckzahnes mithilfe von 2-3 Zahnfilmen mit 92% ausreichend genau diagnostizieren kann.

Sonnabend (1988) geht davon aus, dass eine Lagebestimmung anhand der Verschiebung des Eckzahnes gegenüber dem lateralen Inzisivus für praktische Belange ausreichend genau ist.

Nach anderen Autoren ist eine exakte räumliche Lagebestimmung nicht in allen Fällen sicher möglich (Becker 1999; Hirschfelder 2000; Harzer 2002).

Der Zahnfilm ermöglicht es dem Behandler allerdings wichtige Kriterien wie das Stadium des Wurzelwachstums, die Erkennbarkeit des Parodontalspaltes und die Abweichungen der Wurzelspitze sowie Wurzelresorptionen gut zu beurteilen (Hitchin 1956; Düker 1992; Becker 1999; Harzer 2002).

Für *Leivesley* (1984) und *Bishara* (1998) stellt die halbaxiale Okklusalaufnahme, in Verbindung mit einem Zahnfilm, ebenfalls eine Möglichkeit dar, die bucco-palatinal Lage eines Eckzahnes darzustellen. Voraussetzung ist allerdings, dass eine Überlagerung der dargestellten Zähne ausbleibt. Andere Autoren sind der Ansicht, dass die Okklusalaufnahme für eine exakte Lagebestimmung im Oberkiefer nur bedingt geeignet ist (Sonnabend 1988; Hirschfelder 2000). Die Position der Eckzahnkrone in ihrer Beziehung zur Wurzel des medialen und lateralen Inzisivus, in labio-palatinaler Ebene, ist nicht eindeutig bestimmbar, da die Zähne sich nicht an ihrem tatsächlichen Ort darstellen (Hitchin 1956; Ericson und Kurol 1987a). *Becker* (1999) gibt zu bedenken, dass schräg eingestellte Aufnahmen zu falschen Lageeinschätzungen führen können, da eine Überlagerung der Eckzahnkrone mit der Wurzel des lateralen Inzisivus nicht auseinanderdividiert werden kann, so dass ein chirurgischer Eingriff auf der falschen Seite des Alveolarfortsatzes möglich ist. Ebenfalls ist es anhand dieser Röntgentechnik aufgrund der Überlagerungen nicht möglich, eine Aussage über anfängliche Resorptionen an den Wurzeln der permanenten Zähne zu machen, so dass die Entscheidung über eine Extraktion oder eine Einordnung erschwert ist (Harzer 2002).

Beide zuvor genannten Aufnahmetechniken haben gegenüber der DVT (4,2mGy) und der CT (11mGy- 23mGy) den Vorteil der geringeren Strahlenbelastung. Für Zahnfilme wird eine mittlere Energiedosis zwischen 0,09mGy und 0,22mGy angegeben. Die für Oberkieferaufbissaufnahmen liegt bei 0,029mGy (Visser 1999).

Um der Berücksichtigung dosisarmer vergleichbarer diagnostischer Verfahren gerecht zu werden, stellt die in dieser Studie untersuchte transversale Schichtaufnahme für den Kieferorthopäden eine realistische Alternative gegenüber den genannten herkömmlichen Röntgentechniken dar.

Ihre maßgeblichen Vorteile liegen einerseits in der geringen effektiven Dosis von 0,004mSv, welche somit ca. 100-fach geringer gegenüber der CT ist (White 1992; Visser 1999; Lecomber et al. 2001) und andererseits in der Darstellung von Gebissstrukturen in der oro-vestibulären Schicht. Dies ermöglicht, bei der Problematik verlagter Eckzähne, deren Lokalisation in der zweiten Ebene.

Rother (2001) vertritt die Auffassung, dass die Beurteilbarkeit der vestibulo-palatalen Schicht durch die TSA in den meisten Fällen möglich ist. Durch die Ergebnisse, die *Bschorer et al.* (1993) in ihrer Untersuchung mit dem Orthophos Plus[®], bezüglich der technischen und der diagnostischen Bildqualität der TSA bei Darstellung des Canalis mandibulae (Teilabbildung, Einstellfehler, Verzerrung, Knochenzeichnung, Parodontalspalt und geometrische Schärfe) erhielten, kamen sie zu einer im Ganzen eher negativen Bewertung. Einen großen diagnostischen Zugewinn sahen sie allerdings in der Unterkieferquerschnittsdarstellung durch die TSA.

Auch in vorliegender Studie wurde deutlich, dass bei der Interpretation transversaler Oberkieferschichtaufnahmen eine eindeutige Aussage über Parameter wie das Wurzelwachstumsstadium, die Wurzelspitzenabweichung, den Parodontalspalt, eine Ankylose sowie die Lagebeziehungen zu und Resorptionen an Nachbarzähnen nicht möglich ist. Dies bedeutet, dass zur Abklärung der beschriebenen Details eine weiterführende Bildgebung notwendig wird, um eine zufriedenstellende Diagnostik zu erlangen.

Eine Untersuchung zur diagnostischen Aussagekraft transversaler Schichtaufnahmen anhand mehrerer Hauptindikationsgruppen durch *Ziegler et al.* (1999) konnte unter anderem anhand von drei, eine Eckzahnretention im Oberkiefer betreffenden, TSA keinen Zuwachs an diagnostischer Information verzeichnen. Diese schlechte Beurteilung der transversalen Schichtaufnahme bezüglich ihres Wertes zur Diagnostik von verlagerten Eckzähnen sollte allerdings aufgrund der geringen Anzahl von berücksichtigten Aufnahmen kritisch bewertet werden.

Bei einer passenden Indikationsstellung (z.B. retinierte Weisheitszähne, Implantatmeß- und Kontrollaufnahmen) heben *Ziegler et al.* (1999) die transversale Schichttechnik

dagegen im Vergleich zur Computertomographie als kostensparend, dosisreduzierend, anwenderfreundlich und für die Praxisbenutzung geeignet, hervor.

Durch *Kaeppler et al.* (1996) und *Fuhrmann* (1998) werden ebenfalls die geringeren Anschaffungskosten aufgrund der Aufrüstungsmöglichkeit der vorhandenen Orthophos Plus[®]-Röntgeneinrichtung für transversale Schichtaufnahmen im Vergleich zum CT betont, die für die alltägliche Nutzung zu teuer ist (Gavel und Dermaut 1999).

Weitere Autoren (*Kaeppler et al.* 1996; *Fuhrmann* 1998; *Kaeppler* 1999; *Ziegler et al.* 1999) betonen im Zusammenhang mit der transversalen Schichttechnik die Zeitersparnis, da keine Gewöhnung an ein neues Gerät notwendig wird und die Röntgenaufnahmen durch einfache Positionierung der zu untersuchenden Person angefertigt werden können. Allerdings sehen *Fuhrmann et al.* (2003) die Ursache für das bisher geringe Interesse an der TSA neben der ungewohnten Bilddarstellung, in den für den Anwender notwendigen Umbauten an dem Röntgengerät (Auswechseln der Primär- und Sekundärblende, Einsatz von speziellen Aufbisshilfen und Zentriereinrichtungen für den Ober- und Unterkiefer).

Kaeppler (1996) beschreibt die geringe Programmzahl, die für alle Abschnitte des Kiefers verwendbar und auch reproduzierbar ist, genau wie die Anfertigung verschiedener Röntgenaufnahmen mit einer Röntgeneinrichtung (*Kaeppler* 1999) als Vorteil, da keine Überweisung zur weiteren Diagnostik notwendig wird.

Weiterhin ist das Indikationsspektrum der TSA umfassend. Es beinhaltet die topographische Zuordnung von Zähnen, wie Prämolaren und Weisheitszähnen sowie des Mandibularkanals. Zur Implantatplanung und -diagnostik sowie zur Darstellung pathologischer Prozesse, ist diese Aufnahmetechnik ebenfalls anzuwenden (*Miller et al.* 1990; *Bschorer et al.* 1993; *Kaeppler et al.* 1996a, 2000; *Fuhrmann* 1998).

Im Gegensatz zur konventionellen Röntgentechnik haben digitale Röntgenaufnahmen eine Schlüsselposition in der Zukunft der Radiologie (*Visser et al.* 2001), da sie mit einer geringeren Dosis auskommen (*Visser et al.* 2001) und so die Strahlenexposition für den Patienten verringert werden kann (*Visser et al.* 2000). Es besteht somit die Möglichkeit, digitale transversale Schichten anzufertigen (*Fuhrmann et al.* 2003), was dazu führt, dass eine weitere Strahlenreduktion gegenüber herkömmlichen transversalen Schichttechniken erreicht werden kann (*Dannewitz et al.* 2002).

Sollte eine klinische Fragestellung durch die konventionelle TSA nicht ausreichend zu beantworten sein, so ist nach *Heurich et al. (2002)* die Anwendung der DVT der CT-Darstellung vorzuziehen, da bei der CT mit normalen Parametern (0,61mSv) eine fünfmal höhere effektive Dosis gegenüber der DVT (0,11mSv) und eine um 35% höhere Dosis als durch die low-dose CT ermittelt wurde (*Cohnen et al. 2002*).

Die DVT ist in der Lage, zusätzlich zu den durch die TSA abgedeckten Indikationen, ein dem CT entsprechendes Spektrum zu umfassen (*Mozzo et al. 1998; Fuhrmann et al. 2003*).

Durch die gute geometrische Genauigkeit und die technische Vielfältigkeit der DVT, die die Darstellung des mund-, kiefer-, gesichtschirurgischen Bereichs in der dritten Dimension und viele Rekonstruktionsmöglichkeiten ermöglicht, kann sie zur Betrachtung von komplexen Fällen herangezogen werden (*Mozzo et al. 1998; Hirsch et al. 2000a; Möbes et al. 2000; Cohnen et al. 2002; Ziegler 2002; Fuhrmann et al. 2003*). Genau wie die TSA erfordert eine DVT, im Gegensatz zur CT oder Dental-CT Aufnahme, keinen Radiologen zur Anfertigung der Röntgenbilder. Sie kann aufgrund einfacher Handhabung selbständig durch den Zahnarzt, der eine zusätzlich erworbene Fachkunde besitzt, ausgeführt werden (*Mozzo et al. 1998; Hirsch et al. 2000a; Kaeppler 2001*).

Da die TSA hinsichtlich der Fragestellung bezüglich der vestibulo-oralen Lage gute Erkenntnisse ermöglicht, sollte sie allerdings bei geeigneter Indikationsstellung aufgrund der geringeren effektiven Dosis als diagnostisches Mittel vorrangig in Betracht gezogen werden. Hinzu kommt, dass die Anschaffungskosten für die Zusatzprogramme zur Erstellung von TSA-Aufnahmen, im Vergleich zum Kauf eines DVT-Röntgengerätes, wesentlich geringer sind.

Die Nutzung der TSA ist somit nicht nur aus diagnostischen, sondern auch hinsichtlich forensischer Gesichtspunkte zu bedenken (*Fuhrmann et al. 2003*).

Die Computertomographie als Gold-Standard kann eine gute Unterstützung für die Eckzahndiagnostik bieten (*Hirschfelder 1994; Becker 1999; Gavel und Dermaut 1999; Ericson und Bjerklin 2001*), da sie aufgrund der elektronischen Bildverarbeitung überaus geeignet ist die anatomisch korrekte Zahnlage und die Zahninklination in räumlicher Erfassung metrisch zu analysieren und die durch den Eckzahn verursachten Komplikationen einschätzbar zu machen (*Ericson und Kurol 1988a; Hirschfelder und*

Hirschfelder 1993; Hirschfelder 1994, 2000; Blindhofer et al. 1997; Preda et al. 1997; Kaeppler 1998, 2001; Becker 1999; Sellerer und Hirschfelder 1999). In speziellen Fällen, in denen keine genaue Aussage über eventuelle Schädigungen an den Nachbarzähnen des retinierten Eckzahnes möglich ist, ist eine Indikation für diese Technik gegeben (Ericson und Kurol 1988a; Schüller und Freisfeld 1992; Becker 1999; Hirschfelder 2000; Harzer 2002). Die computertomographische Aufnahme bietet, im Vergleich zu konventionellen Aufnahmen, eine 50 prozentige Steigerung der Erkennbarkeit von Wurzelresorptionen (Ericson und Kurol 2000a). Sie ermöglicht die Bestimmung schon geringer Wurzelresorptionen und stellt jeden Kontakt zwischen der Krone des retinierten Zahnes und der Wurzel des permanenten Zahnes sicher dar (Ericson und Kurol 1988a, 2000b; Schmuth et al. 1992; Blindhofer et al. 1997; Preda et al. 1997). Eine genaue Erfassung von Ankylosen ist ebenfalls durch diese Röntgenmethode erreichbar, da der gesamte Parodontalspalt, und nicht nur die approximalen Regionen, dargestellt wird (Harzer 2002).

Die Befundung von CT-Bildern durch den Zahnarzt setzt allerdings langjährige Erfahrung voraus, so dass eine genaue Befunderhebung durch Radiologe und Zahnarzt gemeinsam erfolgen sollte (Blindhofer et al. 1997).

Die hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten (Hirschfelder 1994) sowie die sehr hohe effektive Dosis von 0,31mSv-0,61mSv (Lecomber et al. 2001; Cohnen et al. 2002) sind nicht zu vernachlässigen (Bschorer et al. 1993; Kaeppler et al. 1996; Bishara 1998; Fuhrmann 1998; Harzer 2002). *Lecomber et al.* (2001) vertreten die Ansicht, dass die CT-Technik unter Berücksichtigung steigender Röntgenschäden hervorragende Darstellungen liefert. Vergleichbare klinische Aussagen können allerdings auch mithilfe der Panoramaröntgentechnik in Verbindung mit der Einrichtung für transversale Schichtaufnahmen bei einer stark reduzierten Dosis erlangt werden. Dies verdeutlichen die Ergebnisse zur Risikoeinschätzung der genannten Röntgentechniken durch dieselbe Untersuchungsgruppe, die ergaben, dass bei gleicher Voruntersuchung durch die Anwendung einer CT-Diagnostik ein Risiko für die Entstehung einer tödlichen Krebserkrankung, als Folge aus der Röntgenbestrahlung, bei 16 pro Million, im Vergleich zu 1 pro Million bei der Anwendung von bis zu acht transversalen Schichtaufnahmen pro Patient, liegt.

Obwohl es schwer ist, Ergebnisse von Dosismessungen aufgrund von unterschiedlichen Versuchsaufbauten zu vergleichen, haben bislang alle Studien gezeigt, dass die Ver-

wendung einer CT mit signifikant höheren Absorptionsdosen verbunden ist als die konventionelle Radiographie (Lecomber et al. 2001). Aufgrund der Erkenntnis, dass die zivilisatorische Strahlenexposition pro Jahr durch medizinische Untersuchungen von 1,5mSv/a auf 2mSv/a in Deutschland angestiegen ist, wobei die Zahnmedizin nur untergeordnet dazu beiträgt, allerdings Untersuchungen durch die Computertomographie mit 37,8% (kollektive effektive Dosis) bei einer Häufigkeit von nur 4,2% (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2000; Bundesamt für Strahlenschutz 2000) einen großen Anteil haben, sollte die Indikation für diese hochwertige Röntgentechnik äußerst eng gestellt werden (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2000), da sie nicht als Routineverfahren anzusehen ist (Bschorer et al. 1993; Hirschfelder 1994; Kaeppler 1998; Becker 1999; Gavel und Dermaut 1999; Fuhrmann et al. 2003). Ihr Einsatz bleibt nach Ansicht vieler Autoren für Spezialfälle, die durch komplizierte anatomische Verhältnisse gekennzeichnet sind sowie für die Traumatologie und die Tumordiagnostik vorbehalten (Kaeppler et al. 1996; Au-Yeung et al. 2001; Fuhrmann et al. 2003).

5.2 Kritische Reflexion der Methodik

Die Zahl der beurteilten klinischen transversalen Schichtaufnahmen ist als gering zu bewerten und obwohl die Ergebnisse der eigenen Studie eine Angabe über das Verhältnis der männlichen, beziehungsweise weiblichen Individuen (11:13) sowie der Verteilung von palatinaler gegenüber vestibulärer Verlagerung zulassen, waren statistisch signifikante Aussagen nicht möglich, so dass eine deskriptive Auswertung der Ergebnisse vorgenommen wurde.

Eine grössere Anzahl von Patientenaufnahmen einzubeziehen war aufgrund der zur Verfügung stehenden Patientenkartei zu dem Zeitpunkt der Studie ausgeschlossen, da transversale Schichtaufnahmen zur Diagnostik von Eckzahnverlagerungen bis dahin in der Klinik noch nicht regelmässig angefertigt wurden.

Anhand dieser Studie konnte durch die Verifizierung gezeigt werden, dass eine Lagebestimmung von oberen Eckzähnen gut zu realisieren ist.

Ob eine Verlagerung auf transversalen Schichtaufnahmen allerdings ebenso effizient diagnostiziert werden kann wie durch den Gold-Standard CT, konnte nicht evaluiert

werden, da dieser retropektiven Studie neben den TSA keine CT Aufnahmen derselben Patienten zur Verfügung standen.

Auch wäre für eine nachfolgende Untersuchung zu überlegen, ob das Risiko der erhöhten Strahlenbelastung durch die Anfertigung von TSA und CT an demselben Patienten gerechtfertigt wäre.

5.3 Diskussion der Analyse von Phantom- und klinischen TSA

Durch vorliegende Untersuchung konnte evaluiert werden, dass die Beurteilungen der Phantom-TSA insgesamt besser ausgefallen sind, als die der klinischen TSA.

Dies ist sicherlich damit zu erklären, dass die Bedingungen, unter denen die Phantom-TSA angefertigt wurden, im Gegensatz zu denen der klinischen TSA, optimal waren.

Der Phantomkopf sowie der Eckzahn waren durch Metallkugeln markiert, so dass eine Zuordnung der Strukturen auf den Röntgenbildern besser vorzunehmen war. Ebenfalls konnte der Phantomkopf aufgrund der fehlenden Weichgewebe in der Röntgeneinrichtung relativ einfach und so lange positioniert werden, bis die optimale Schicht eingestellt war.

Weiterhin braucht es zur Anfertigung diagnostisch hochwertiger klinischer TSA viel Erfahrung bei der Positionierung der Patienten in dem Röntgengerät. Hinzu kommt, dass die Bewegungsartefakte, die auf den klinischen TSA die Qualität stark reduzieren können, bei den Phantom-TSA nicht auftreten.

Da zur täglichen Diagnostik in der Praxis nur Patienten-TSA zur Verfügung stehen, sollten auch die Ergebnisse, die bezüglich der klinischen TSA ausgewertet wurden, eine größere Gewichtung bei der Bewertung der Qualität der transversalen Schichtaufnahmen haben. Allerdings kann die Darstellung der Ergebnisse der Phantom-TSA hilfreich sein, um grundsätzlich zu erkennen, welche Kriterien erkennbar sind und bei welchen es keine Indikation zur Anfertigung einer TSA gibt.

Bezüglich der Einschätzung der Vestibulär- bzw. Palatinallage ergab sich innerhalb der Betrachtergruppe anhand der Phantom-TSA eine 100%ige Übereinstimmung zu 71,4% (Tabelle 4.2). Bei den klinischen TSA (Tabelle 4.12) konnte in 89% der Fälle die jeweilige Eckzahnlage von mindestens vier Betrachtern identisch eingestuft werden.

Durch die Verifizierung der Phantom-TSA (Tabelle 4.26) konnte evaluiert werden, dass für fünf von sieben TSA die Eckzahnlage von allen Betrachtern richtig eingeschätzt werden konnte. Bei der Verifizierung der klinischen TSA (Tabelle 4.27) ergab sich eine Übereinstimmung der geschätzten, mit der tatsächlichen Lage für 19 TSA (70,47%) durch mindestens fünf Personen.

Dieses Ergebnis zeigt, dass die Einschätzung der Lage retinierter Eckzähne in oro-vestibulärer Richtung mithilfe der TSA gut möglich ist. Auch Personen, die noch keine weitreichenden Erfahrungen mit dieser Technik haben und wie die Beurteiler dieser Studie eine kurze Einweisung bekommen, können die vestibulo-orale Position eines retinierten Eckzahnes anhand der TSA erkennen und somit ihre Diagnostik erweitern.

Allerdings beruht die nicht eindeutige Lagebestimmung durch maximal drei gleiche Beurteilungen, bezogen auf die klinischen TSA (Tabelle 4.27), vermutlich auf der fehlenden Routine der Betrachtergruppe, auch wenn sie vor Beginn der Auswertung eine gemeinsame Instruktion erhielt. In der diffizilen Interpretation, bzw. der ungewohnten Bilddarstellung, vor allem für das Eckzahnprogramm, liegt sicherlich eine der Schwierigkeiten der transversalen Schichtaufnahme, was auch durch *Fuhrmann et al.* (2003) gleich gedeutet wird. Ebenfalls erfordern die mehr oder weniger stark ausgeprägten Überlagerungen mit anderen Strukturen, die auch durch *Ziegler et al.* (1999) und *Rother* (2001) festgestellt werden konnten das „Know-how“ und die Orientierungsfähigkeit des Betrachters (*Fuhrmann et al.* 2003). Eine entsprechende Weiterbildung auf diesem Sektor, auch für das Fachpersonal, um hochwertige transversale Schichtaufnahmen anzufertigen, sollte daher angestrebt werden (*Lecomber et al.* 2001; *Fuhrmann et al.* 2003).

In Bezug auf den Unterschied bei der Beurteilung der Eckzahnlage durch die detaillierte bzw. zusammengefasste Beschreibung ist zu bemerken, dass für die detaillierte Beschreibung häufig nicht so viele Übereinstimmungen innerhalb der Betrachtergruppe erfolgten wie bei den zusammenfassenden Begriffen. Allerdings lagen die Einschätzungen der detaillierten Lage mehrheitlich innerhalb derselben Hauptgruppe. Eine differenzierte Bestimmung der Lage war somit für die Betrachter wesentlich diffiziler als die Einschätzung in Hauptgruppen. Dies kann einerseits auf die Unerfahrenheit der Betrachter, andererseits aber auch auf die Abbildungsgenauigkeit der TSA zurückzuführen sein, die diese Details eventuell nicht ausreichend wiedergibt.

Die Eckzahnlage „im Alveolarkammverlauf“ lag tatsächlich bei den Phantom-TSA einmal und auf den klinischen TSA zweimal vor. Für die Phantom-TSA (Tabelle 4.26) wurde dies mit 83,3% Übereinstimmung erkannt, was an den am Phantomkopf und am Eckzahn befestigten Metallkugeln gelegen haben kann, durch die eine Lagebeurteilung einfacher wurde. Bei den klinischen TSA (Tabelle 4.27) konnte diese Lage des Eckzahnes jeweils nur durch eine Person richtig eingeschätzt werden, so dass ein Zufall für die richtige Beurteilung nicht auszuschliessen und somit fraglich ist, ob eine Eckzahnposition „im Alveolarkammverlauf“ auf den klinischen TSA ausreichend erkennbar ist, um eine genaue Diagnostik durchführen zu können.

Sowohl auf den Phantom- als auch auf den klinischen TSA war es den Betrachtern nicht möglich, einen Parodontalspalt, bzw. eventuell vorhandene Ankylosen zu erkennen. Über den Prämolarenparodontalspalt (Zahn 24) auf den Phantom-TSA konnte mit 47,6% „keine Information“ gewonnen werden (Tabelle 4.6). Eine Aussage über den Eckzahnparodontalspalt war für die klinischen TSA mit 93,2% (Tabelle 4.16) nicht möglich. Auch die Bewertung einer Erkennbarkeit von eventuell vorhandenen Ankylosen der Zähne (Zahn 24 bei den Phantom- und Zahn 23 bei den klinischen TSA) fiel mit 95% (Tabelle 4.7) bzw. 99,4% (Tabelle 4.17) für „keine Information“ überaus schlecht aus.

Die fehlende Möglichkeit, diese beiden Kriterien anhand der TSA bewerten zu können, kann an dem Auflösungsvermögen der TSA liegen, welches auch durch *Ziegler et al.* (1999) bemängelt wurde. Sie konstatierten, dass einige TSA in ihrem Versuch eine nicht ausreichende Bildqualität in Bezug auf den Kontrast und die Detailwiedergabe aufzeigten. Die Beurteilbarkeit des Parodontalspaltes aufgrund der schlechten Bildqualität wurde auch durch *Bschorer et al.* (1993) beschrieben.

Für eine Bestimmung der „Lagebeziehung des retinierten Eckzahnes zu seinen Nachbarzähnen“ muss nach den ermittelten Ergebnissen davon ausgegangen werden, dass die TSA zu diesem Zweck nicht gut geeignet ist. Bei den Phantom-TSA (Tabelle 4.8) wurde dieses Kriterium zwar mit 52,4% als „erkennbar“ bewertet, es entfielen dennoch zusammen 45,2% auf die Einstufungen „fraglich“ und „keine Information“, genau wie für die klinischen TSA mit insgesamt 70,4% (Tabelle 4.18).

Diese Werte dürften für eine gute und zuverlässige Diagnostik nicht ausreichend sein und erfordern nach *Schmuth et al.* (1992) den Einsatz des CT, um die Beziehung des Eckzahnes zu seinen Nachbarzähnen aufzuklären.

Ein möglicher Grund für die schlechte Bewertbarkeit dieses Kriteriums ist eventuell, dass die dicht angrenzenden Zähne nicht in der scharf dargestellten Schicht lagen, oder es zu Überlagerungen von einzelnen Strukturen gekommen ist, die genau wie Verzerrungseffekte, bei einer Diagnostik durch das Dental-CT ausgeschlossen werden können (Hirschfelder 1994; Sellerer und Hirschfelder 1999).

Zur Beurteilung von „Wurzelspitzenabweichungen“ und zur „Einschätzung des Wurzelwachstumsstadiums“ sind die TSA grundsätzlich nicht indiziert.

Es konnte festgestellt werden, dass aufgrund der Anfertigung von drei einzelnen Schichten häufig nur auf einer der Schichten der gewünschte Zahn deutlich abgebildet wurde, was auch schon *Kaeppler et al.* (1996, 1996a) beschrieben haben. In einigen Fällen entstand durch die einzelnen Schichten auch ein Informationsmangel bezüglich der Wurzelspitzenausrichtung und der Einschätzung ihres Entwicklungsstadiums, da diese, wenn sie nicht in der scharf dargestellten Schicht lagen, nicht ausreichend vollständig abgebildet wurden.

Bei der Phantom-TSA fiel die Bewertung, sowohl bei der Beurteilung des „Wachstumsstadiums“ wie auch bei der „Wurzelspitzenabweichung von der Längsachse des Zahnes“, mit insgesamt 71,5% (Tabelle 4.4) und 54,8% (Tabelle 4.5) für eine „eindeutige Erkennbarkeit“ bzw. „Erkennbarkeit“, wesentlich besser aus als bei den klinischen TSA. Hier konnten die beiden Kriterien, mit 88,3% (Tabelle 4.14) beim „Wurzelwachstumsstadium“ und 89,5% (Tabelle 4.15) für die „Wurzelspitzenabweichung“ nur mit „fragliche-“, bzw. „keine Beurteilbarkeit“ möglich, bewertet werden. Der Unterschied der Beurteilungen für die Phantom- und die klinische TSA mag daran liegen, dass diese Kriterien auf der Phantom-TSA, durch die an dem Zahn zur besseren Orientierung positionierten Metallkugeln, deutlicher beurteilt werden konnten. Ebenfalls ist es möglich, dass die Schichten an dem Phantomschädel durch das Fehlen der Weichteile, genauer und leichter einzustellen waren und somit Röntgenbilder entstanden, die eine Diagnostik dieser Parameter ermöglichen.

Die Diagnostik von „Resorptionen an Nachbarzähnen“ durch retinierte und verlagerte Eckzähne ist nach den Ergebnissen dieser Untersuchung, mithilfe einer transversalen Schichtaufnahme, nicht Erfolg versprechend. Den Betrachtern von Phantom- und klinischer TSA war es zu 69% (Phantom-TSA, Tabelle 4.9) und 88,9% (klinische TSA, Tabelle 4.19) nicht möglich zu entscheiden, ob Zahnhartsubstanzverluste vorhanden sind. Zum einen kann auf der TSA ausschließlich die vestibulo-orale Ebene auf Resorptionen untersucht werden, zum anderen ist, wie auch durch *Ziegler et al.* (1999) festgestellt wurde, die Bildqualität in Bezug auf Kontrast und Detailschärfe zur Darstellung von Resorptionen nicht exakt genug.

5.4 Nachuntersuchung

Die Betrachtung der intraindividuellen Übereinstimmung lässt vermuten, dass intraindividuelle Abweichungen an der Reproduzierbarkeit des Beurteilers liegen, denn tatsächliche Änderungen in der Fähigkeit zur Interpretation von transversalen Schichtaufnahmen in dem Zeitraum eines halben Jahres sind unwahrscheinlich, da die beurteilenden Personen innerhalb dieses Zeitraums nicht routinemässig mit transversalen Schichtaufnahmen konfrontiert worden sind, so dass eine grundlegende Verbesserung ausgeschlossen werden kann.

Der Anteil der ungleichen Aussagen durch die Betrachter lag bei den klinischen TSA niedriger (1. Betrachter 8,3%, 2. Betrachter 11,6%) als bei den Phantom-TSA (1. Betrachter 17,8%, 2. Betrachter 10,7%), so dass die Reproduzierbarkeit der Bewertungen für die meisten Kriterien als gut anzusehen ist.

Der erste Betrachter hat für die Phantom-TSA (Tabelle 4.20) und der zweite Betrachter für die klinischen TSA (Tabelle 4.23) die Bewertungen des ersten Durchgangs häufiger verändert als die jeweils andere beurteilende Person, so dass angenommen werden kann, dass die Häufigkeit der Übereinstimmungen im Bereich des Zufalls liegt, da kein Betrachter überwiegend bessere Bewertungen abgegeben hat.

Dass bei einigen Kriterien mehrmals Abweichungen von der ersten Einschätzung aufgetreten sind, kann auf eine Unsicherheit der Betrachter für die Beurteilung dieses Kriteriums hinweisen.

In Bezug auf die Phantom-TSA kam es bei der „Einschätzung der Eckzahnlage“ nur bei einem Betrachter zu einer Abweichung, bei den klinischen TSA allerdings wurde die

Lage des Eckzahnes zu 25,9%, bzw. 18,5% anders eingeschätzt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass für die klinischen TSA die detaillierten Lagebeschreibungen anzuwenden waren, die auf den TSA schwerer zu beurteilen sind und somit bei der Beurteilung abweichende Einschätzungen verursacht haben.

Die interindividuelle Nachuntersuchung lässt den Schluss zu, dass die Reproduzierbarkeit der Aussagen in einem guten Bereich liegt. Die Übereinstimmung von mindestens vier der sechs Beurteiler für die Phantom-TSA liegt bei 87,5% (Tabelle 4.24) und für die der klinischen TSA bei 92,6% (Tabelle 4.25). Diese Werte zeigen, dass die Beurteilungen der TSA in dem Zeitraum relativ konstant geblieben sind und eine einigermaßen sichere Einschätzbarkeit der Kriterien vorliegt.

Zur „Einschätzung der Eckzahnlage“ (detailliert) auf den klinischen TSA (Tabelle 4.25) wird auch hier deutlich, dass eine stärkere Untergliederung als die in die Hauptgruppen („vestibulär“, „palatinal“ und „in Alveolarkammverlauf“) auf den TSA nicht sicher möglich ist, da bei der Nachuntersuchung Abweichungen von bis zu vier Personen entstanden sind. Dies lässt eher auf eine zufällige Bewertung schließen.

5.5 Verifizierung

Eine korrekte und der Wirklichkeit entsprechende Beurteilung der Eckzahnlage anhand der Phantom-TSA ist möglich. Für 71,4% der TSA wurde eine 100%ige Übereinstimmung erreicht und es kam lediglich für zwei Phantom-TSA zu einer bzw. zwei abweichenden Einschätzungen der Eckzahnlage, was darauf hinweist, dass die Phantom-TSA die Eckzahnposition deutlich darstellt.

Sicherlich resultierte diese gute Übereinstimmung allerdings aus der Markierung des Eckzahnes mit Metallkugeln sowie den optimalen Bedingungen während der Aufnahmen. Ein etwas schlechteres Ergebnis unter klinischen Voraussetzungen ist wahrscheinlich.

Das Ergebnis ist aufgrund der geringen Anzahl der untersuchten TSA nicht signifikant.

Eine Beurteilung der Eckzahnlage scheint auf den klinischen TSA ebenfalls der Realität entsprechend möglich zu sein, da alle sechs Beurteiler in 44,4% der Fälle die wirkliche/bestätigte Eckzahnlage angegeben haben und mindestens fünf Personen 19 Mal (70,5%) die richtige Lage einschätzen konnten.

Unter den zur Verfügung stehenden klinischen TSA gibt es lediglich zweimal die Verlagerungen „im Alveolarkammverlauf“, so dass eine Einschätzung über die Beurteilbarkeit dieser Verlagerung nicht aussagekräftig ist. Weiterhin wurden diese Verlagerungen nur durch jeweils eine Person richtig eingeschätzt. Es ist daher zu bezweifeln, dass diese Eckzahnlage überzeugend auf den klinischen TSA zu bewerten ist. Die jeweils richtige Einschätzung durch eine Person könnte auf dem Zufall basieren.

Eventuell ist der Unterschied zwischen der „palatinalen“ und „vestibulären“ sowie der Verlagerung „im Alveolarkammverlauf“ auf den klinischen TSA nicht deutlich zu unterscheiden, so dass sich ungeübte Personen eher für die beiden erstgenannten entscheiden.

Sowohl „palatinale“ als auch „vestibuläre“ Verlagerungen wurden häufig mit einer hohen Übereinstimmung der Betrachter erkannt, was eine gute Erkennbarkeit dieser Eckzahnverlagerungen unterstreicht.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die Evaluierung transversaler Schichtaufnahmen (TSA) bezüglich ihrer Qualität und diagnostischen Aussagekraft bei Retentionen oberer Eckzähne für kieferorthopädische Fragestellungen. Diese betrafen die Beurteilbarkeit der Eckzahnlage und insbesondere der -krone sowie des Wurzelwachstums, einer Wurzelspitzenabweichung, des Parodontalspaltes, einer Ankylose, der Lagebeziehung zu- und Resorptionen an Nachbarzähnen.

Die Kriterien wurden anhand von neun in einer Pilotstudie angefertigten Phantom-TSA sowie in einer retrospektiven Betrachtung von 27 klinischen TSA, in Kombination mit den zugehörigen Panoramaschichtaufnahmen, durch sechs Zahnärzte und Fachzahnärzte aus der Poliklinik für Kieferorthopädie im Zentrum für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf, beurteilt.

Grundlage einer erfolgreichen kieferorthopädischen Therapie ist neben der initialen Patientenanamnese die präzise zielführende Befunderhebung und Diagnostik. Aufgrund von schwierigen anatomischen Verhältnissen ist die exakte Lagebestimmung oberer Eckzähne mit konventionellen bildgebenden Verfahren oft schwer zu erzielen und erfordert je nach klinischer Situation unterschiedliche röntgenologische Verfahren.

Als Basisröntgenaufnahme steht die Panoramaschichtaufnahme (PSA) zur Verfügung, die die mesio-distale Ebene des Kiefers darstellt. Ergänzungsaufnahmen sind exzentrisch eingestellte Zahnfilme (Parallaxemethode), die halbaxiale Okklusalaufnahme, die digitale Volumetomographie (DVT) sowie die Computertomographie (CT). Sowohl die Parallaxemethode als auch die halbaxiale Okklusalaufnahme sind zur Lagebestimmung von oberen Eckzähnen in der Literatur kontrovers diskutiert, bieten aber den Vorteil der geringen Strahlenexposition. Die DVT sowie die CT stellen eine hervorragende Grundlage für eine exakte Diagnostik verlagerter Zähne dar. Auf Grund der hohen Dosisbelastung, insbesondere bei der CT sollte die jeweilige Indikationsstellung allerdings fallspezifisch und sorgfältig geprüft werden.

Unter Berücksichtigung der Röntgenverordnung und darin geforderten möglichst dosisarmen diagnostischen Methoden lässt sich durch vorliegende Arbeit konstatieren, dass die TSA, insbesondere als zweite Ebene zur PSA für die oro-vestibuläre Lagebestimmung bei der Problematik verlagerter Eckzähne, eine sinnvolle, ergänzende Bild-

gebung für die Therapieentscheidung des Kieferorthopäden darstellt, da durch sie diesbezüglich ein Informationszuwachs erkennbar wird. Dennoch bleibt festzuhalten, dass bei Verdacht auf Wurzelresorptionen, eine Ankylosierung oder zur Beurteilung der Wurzelmorphologie sowie der exakten Lagebeziehung zu den Nachbarzähnen diesem Verfahren Grenzen gesetzt sind und daher anderen diagnostischen Methoden, wie der DVT der Vorzug zu geben ist.

Die TSA ermöglicht somit eine zeitgemäße und dosisreduzierte Röntgendiagnostik mit guter Aussagekraft zur Lokalisation von Eckzähnen in der zweiten Ebene.

7 Literaturverzeichnis

Adam M (1970) Ergebnisse von 50 Fällen mit Variationen der Verlagerung von Eckzähnen nach chirurgisch-orthopädischer Behandlung. Fortschr Kieferorthop 31:65-72

Adloff P (1910) Über Zahnretention. Dtsch Zahnärztl Wochenschr 13:289-294

Aitasalo K, Lehtinen R, Oksala E (1972) An orthopantomographic study of prevalence of impacted teeth. Int J Oral Maxillofac Surg 1:117-122

Alling CC et al. (1993) Orthodontic surgery in impacted teeth. WB Saunders Co, Philadelphia

Bass TB (1967) Observations on the misplaced upper canine tooth. Dent Practit 18:25-31

Basdra EK, Kiokpasoglou M, Stellzig A (2000) The Class II Division 2 craniofacial type is associated with numerous congenital tooth anomalies. Eur J Orthod 22:529-535

Becker A (1984) Etiology of maxillary canine impactions. Am J Orthod 86:437-438

Becker A (1999) Einordnung verlagerter Zähne: kieferorthopädisches Problemmanagement mit festsitzenden Behandlungsmechaniken. Dt. Zahnärzte-Verl., DÄV-Hanser, Köln München

Becker A (2000) Einordnung verlagerter Zähne. Dt. Zahnärzte-Verl., DÄV-Hanser, Köln München

Becker A, Smith P, Behar R (1981) The incidence of anomalous maxillary lateral incisors in relation to palatally displaced cuspids. Angle Orthod 51:24-29

Becker A, Gillis I, Shpack N (1999) The etiology of palatal displacement of maxillary canines. Clin Orthod Res 2:62-66

Bishara SE (1992) Impacted maxillary canines: A review. Am J Orthod Dentofacial Orthop 101:159-171

Bishara SE (1998) Clinical management of impacted maxillary canines. Semin Orthod 4:87-98

Bishara SE, Kommer DD, McNeil MH, et al. (1976) Management of impacted canines. Am J Orthod 80:173-190

Blindhofer R, Freudenthaler JW, Millesi W, et al. (1997) Der Einsatz der Computertomographie in der Diagnostik verlagerter Zähne. Eine retrospektive Evaluierung ihrer Aussagekraft. Stomatol 94:281-290

Brin I, Becker A, Shalhav M (1986) Position of the maxillary permanent canine in relation to anomalous or missing lateral incisors: a population study. Eur J Orthod 8:12-16

Brin I, Becker A, Zilberman Y (1993a) Resorbed lateral incisors adjacent to impacted canines have normal crown size. Am J Orthod Dentofacial Orthop 104:60-66

Brin I, Solomon Y, Zilberman Y (1993b) Trauma as a possible etiologic factor in maxillary canine impaction. Am J Orthod Dentofacial Orthop 104:132-137

Broadbent BH (1941) Ontogenic development of occlusion. Angle Orthod 11:223-241

Brown ID, Matthews RW (1981) Apical resorption of a maxillary lateral incisor from a misplaced canine in a 17 year old. A case report. Br J Orthod 8:3-5

Bschorer R, Fuhrmann A, Gehrke G, Keese E, Uffelmann U (1993) Die Darstellung des Canalis mandibulae mit der Unterkieferquerschnitt-Panoramaschichttechnik. Dtsch Zahnärztl Z 48:786-789

Bundesamt für Strahlenschutz (1993) Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission. ICRP Veröffentlichung 60. Fischer, Stuttgart

Bundesamt für Strahlenschutz (2000) Jahresbericht 1999. Salzgitter

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2000) BMU RS II 1: Entwurf Novelle RöV. Bonn

Cavalcanti MPG, Ruprecht A, Vannier MW (2002) 3D volume rendering using multislice CT for dental implants. Dentomaxillofac Radiol 31:218-223

Clark C (1909) A method of ascertaining the position of unerupted teeth by means of film radiographs. Proc R Soc Med 3:87-90

Clark DE, Danforth RA, Barnes RW, Burtch ML (1990) Radiation absorbed dose from dental implant radiography: A comparison of linear tomography, CT-scan and panoramic and intraoral techniques. J Oral Implantol 16:156-164

Cohnen M, Kemper J, Möbes O, Pawelzik J, Mödder U (2002) Radiation dose in dental radiology. Eur Radiol 12:634-637

Coulter J, Richardson A (1997) Normal eruption of the maxillary canine quantified in three dimensions. Eur J Orthod 19:171-183

Crismani AG, Freudenthaler JW, Weber R, Bantleon HP (2000) Impaktierte obere Eckzähne- konventionelle Röntgendiagnostik und Therapie. Stomatol 97:219-225

Dachi SF, Howell FV (1961) A survey of 3,874 routine full- mouth radiographs II. A study of impacted teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 14:1165-1169

Dahan J (1974) Diagnostische Fehler bei der metrischen Auswertung der Röntgenaufnahmen. Dtsch Zahnärztl Z 331-340

Dannewitz B, Hassfeld S, Eickholz P, Mühling J (2002) Effect of dose reduction in digital dental panoramic radiography on image quality. *Dentomaxillofac Radiol* 31:50-55

Dausch-Neumann D (1970) Der Durchbruchsweg bleibender Eckzähne. *Fortschr Kieferorthop* 31:9-16

Dewel BF (1949) The upper cuspid: Its development and impaction. *Angle Orthod* 19:79-90

Drennan MR (1929) The dentition of a Bushman tribe. *Annals So Afr Museum* 24:61-87

Droschl H, Eskici A, Pilarz GF (1977) Die Behandlung retinierter Front- und Eckzähne-eine gemeinsame Aufgabe für Kieferchirurgen und Kieferorthopäden. *Fortschr Kieferorthop* 38:161-164

Düker J (1992) Röntgendiagnostik mit der PSA. Hüthig, Heidelberg

Elefteriadis JN, Athanasiou AE (1996) Evaluation of impacted canines by means of computerized tomography. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 11:257-264

Ericson S, Bjerklin K (2001) The Dental Follicle in Normally and Ectopically Erupting Maxillary Canines: A Computed Tomography Study. *Angle Orthod* 71:333-342

Ericson S, Kurol J (1986) Radiographic assessment of maxillary canine eruption in children with clinical signs of eruption disturbance. *Eur J Orthod* 8:133-140

Ericson S, Kurol J (1987a) Radiographic examination of ectopically erupting maxillary canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91:483-92

Ericson S, Kurol J (1987b) Incisor resorption caused by maxillary cuspids; A radiographic study. *Angle Orthod* 57:332-347

Ericson S, Kurol J (1988) Resorption of maxillary lateral incisors caused by ectopic eruption of the canines: A clinical and radiographic analyses of predisposing factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 94:503-513

Ericson S, Kurol J (1988a) CT-diagnosis of ectopically eruption maxillary canines: A case report. *Eur J Orthod* 10:115-120

Ericson S, Kurol J (1988b) Early treatment of palatally erupting maxillary canines by extraction of the primary canine. *Eur J Orthod* 10:283-295

Ericson S, Kurol J (2000a) Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: A CT study. *Angle Orthod* 70: 415-423

Ericson S, Kurol J (2000b) Incisor root resorptions due to ectopic maxillary canines imaged by computerized tomography: A comparative study in extracted teeth. *Angle Orthod* 70:276-283

Ericson S, Kurol J, Andreasen JO (1997) The impacted maxillary canine. In: Andreasen JO, Kölsen Petersen J, Laskin DM (Hrsg) *Textbook and Color Atlas of Tooth Impactions*. Munksgaard, Copenhagen, 1st ed, Chapter 6., p 125-175

Ewen K (1998) *Moderne Bildgebung*. Thieme, Stuttgart

Feifel H, Riediger D, Gustorf-Aeckerle R, Claus C (1991) Die hochauflösende Computertomographie in der Diagnostik verlagter unterer Weisheitszähne unter besonderer Berücksichtigung der Strahlenbelastung. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 15:226-231

Finnish Center of Radiation and Nuclear Safety (1987) Scanora radiation doses. In: Orion Corporation Ltd. Soredex (Hrsg): *Multifunctional X-ray system for comprehensive dento-maxillo-facial imaging*. Manual, Helsinki

Fleischer-Peters A (1970) Ursächliche Zusammenhänge bei der Dentitio tarda. *Fortschr Kieferorthop* 31:27-35

Fox NA, Fletcher GA, Horner K (1995) Localising maxillary canines using dental panoramic tomography. Br Dent J 179:416-420

Freisfeld M, Dahl IA, Jäger A, Drescher D, Schüller H (1999) Die Röntgendiagnostik retinierter Oberkiefer Eckzähne in der Panoramaschichtaufnahme und im Computertomogramm. Fortschr Kieferorthop 60:177-184

Fuhrmann A (1998) Orthophos Plus/CD. Transversale Schichtaufnahmen. Sirona Dental Systems GmbH Sonderdruck 12:3-21

Fuhrmann A, Schulze D, Rother U, Vesper M (2003) Digitale transversale Schichtverfahren in der dento-maxillo-fazialen Radiologie. Int J Comput Dent 6:129-140

Gavel V, Dermaut L (1999) The effect of tooth position on the image of unerupted canines on panoramic radiographs. Eur J Orthod 21:551-560

Harzer W (1999) Lehrbuch der Kieferorthopädie. Hanser, München Wien

Harzer W (2002) Retention von Zähnen. Ätiologie, Diagnostik und Therapie. In: Diedrich P (Hrsg) Kieferorthopädie III. Spezifische kieferorthopädische Fragestellungen und interdisziplinäre Aufgaben. Urban & Fischer, München Jena (Praxis der Zahnheilkunde, 4. Aufl., S 76-99)

Harzer W, Seifert D, Mahdi Y (1994) Die kieferorthopädische Einordnung retinierter Eckzähne unter besonderer Berücksichtigung des Behandlungsalters, der Angulation und der dynamischen Okklusion. J Orofac Orthop 55:47-53

Hassfeld S, Klug D, Zöller J, Mühling J (1995) Bildgebung und Bildnachbearbeitung mit dem neuen Siemens Orthophos Digital. Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 19:314-319

Hassfeld S, Ziegler C, Mühling J (1997) Kann die digitale Panoramaschichtrontgentechnik das filmbasierte Verfahren ersetzen? Zahnärztl Welt 106:510-514

Hassfeld S, Streib S, Stahl H, Stratmann U, Fehrentz D, Zöller J (1998) Low-dose-Computertomographie des Kieferknochens in der präimolantologischen Diagnostik. Mund Kiefer Gesichtschir 2:188-193

Hattab FN, Rawashdeh MA, Fahmy MS (1995) Impaction status of third molars in Jordanian students. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 79:24-29

Heckmann U (1966) Retention von Zähnen, ihre Ursachen und Behandlungsmöglichkeiten. Zahnärztl Welt 67:8-13

Heckmann K (1984) Die Entwicklung der Schlitzaufnahmen. Röntgen-Bl. 37:29-39

Heurich Th, Ziegler C, Steveling H, Wörtche R, Mühling J, Hassfeld S (2002) Erweiterte Diagnostik im Rahmen der operativen Weisheitszahnentfernung mittels digitaler Volumentomographie. Mund Kiefer Gesichtschir 6:427-432

Hirsch E, Graf HL, Hemprich A (2000a) DVT- Digitale Volumentomographie. Die dritte Dimension in der zahnärztlich-chirurgischen Röntgendiagnostik. ZMK 11:754-758

Hirsch E, Graf HL, Hemprich A (2000b) Licht im Dunkel des Gesichtsschädels. Funktionsweise und Indikationen der digitalen Volumentomographie. Implantol J 3:36-42

Hirschfelder U (1983) 20 Jahre Erfahrung mit dem Orthopantomograph. Elektromedica 51:110-114

Hirschfelder U (1991) Dreidimensionale computertomographische Analyse von Kiefer-, Gesichts- und Schädelanomalien. Die klinische Anwendung der CT in der Kieferorthopädie. Hanser, München

Hirschfelder U (1992) Die Spiral- CT Aufnahmetechnik- erste Erfahrungen für kieferorthopädische Fragestellungen. Fortschr Kieferorthop 53:247-253

Hirschfelder U (1994) Radiologische Übersichtsdarstellung des Gebisses: Dental CT versus Orthopantomographie. *J Orofac Orthop* 55:14-20

Hirschfelder U (2000) Panoramaröntgenbefund und enoraler Status. In: Diedrich P (Hrsg) *Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik*. Urban & Fischer, München Jena (Praxis der Zahnheilkunde, 4. Aufl., S 223-240)

Hirschfelder U, Hirschfelder H (1984) Einsatzmöglichkeiten der Computertomographie in der Kieferorthopädie– Erste Erfahrungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 39: 939-946

Hirschfelder U, Hirschfelder H (1993) Einsatz neuer CT- Techniken für kieferorthopädische Fragestellungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 48:128-133

Hirschfelder U, Petschelt A (1986) Retention von Zähnen aus kieferorthopädischer Sicht. *Dtsch Zahnärztl Z* 41:164-170

Hitchin AD (1956) The impacted maxillary canine. *Br Dent J* 100:1-14

Holmes A, Nashed RR (1990) Radiographic localisation of canines in General Dental Practice. *Dent Update* 17:29-30, 32-34

Hotz R (1970) *Orthodontie in der täglichen Praxis*. Huber, Bern Stuttgart Wien

Hotz R (1980) *Orthodontie in der täglichen Praxis*. Huber, Bern Stuttgart Wien

Hunter SB (1981) The radiographic assessment of the unerupted maxillary canine. *Br Dent J* 150:151-155

Jacobs SG (1998) Reducing the incidence of unerupted palatally displaced canines by extraction of deciduous canines. The history and application of this procedure with some case reports. *Aust Dent J* 43:20-27

Jacobs SG (1999) Lokalisation of the unerupted maxillary canine: how and when to. Am J Orthod 115:314-322

Jacoby H (1983) The etiology of maxillary canine impaction. Am J Orthod 84:125-132

Kaeppler G (1996a) Digitale Röntgentechniken im Zahn- und Kieferbereich- eine Übersicht. Dtsch Zahnärztl Z 51: 194-205

Kaeppler G (1996b) Verbesserung der diagnostischen Aussagekraft transversaler Schichtaufnahmen durch digitale Bildnachbearbeitung. Quintess 47:821-834

Kaeppler G (1998) Präoperative Röntgendiagnostik des unteren impaktierten Weisheitszahnes in Relation zum Mandibularkanal mit transversalen Schichtaufnahmen. Quintess 49:1011-1017

Kaeppler G (1999) Neue Programme für transversale Schichtaufnahmen im Zahn- und Kieferbereich. Quintess 50:917-927

Kaeppler G (2001) Schichtaufnahmeverfahren in der implantologischen Diagnostik. Implantol 9:129-144

Kaeppler G, Meyle J (1995) Anwendungsmöglichkeiten der multimodalen Radiographie in der zahnärztlichen Chirurgie. Quintess 46:801-810

Kaeppler G, Axmann-Krcmar D, Gómez-Román G, Schulte W (1995a) Die Genauigkeit verschiedener Panoramaschichtaufnahmeverfahren und transversaler Schichtaufnahmen für die präimplantologische Planung. Z Zahnärztl Implantol 11:209-220

Kaeppler G, Meyle J, Wörner H (1995b) Darstellung der Beziehung von Mandibularkanal zu tief verlagerten Weisheitszähnen mithilfe der Spiraltomographie (Scanora®). Dtsch Zahnärztl Z 50:613-616

Kaeppler G, Axmann-Krcmar D, Schwenzer N (1996) Transversale Schichtaufnahmen des Kiefers mithilfe der Panoramaschichtröntgenanlage Orthophos- eine Vorstellung neuer Programme. Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 20:218-224

Kaeppler G, Meyle J, Schwenzer N (1996a) Darstellung verlagerter Zähne durch die multimodale Radiographie. Dtsch Zahnärztl Z 51:533-538

Kaeppler G, Axmann-Krcmar D, Schwenzer N (1997) Anwendungsbereiche transversaler Schichtaufnahmen (Scanora) in der zahnärztlichen Implantologie. Z Zahnärztl Implantol 13:18-26

Kahl B (1986) Aktualisierung der Dentitionstabelle von Schour und Massler aus 1941 mit besonderer Berücksichtigung der Prämolaren und Weisheitszähne. Med. Dissertation. Universität Köln

Kahl-Nieke B (2001) Einführung in die Kieferorthopädie. Urban & Fischer, München Jena

Kassebaum DK, Nummikoski PV, Triplett RG, Langlais RP (1990) Cross-sectional radiography for implant site assessment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 70:674-678

Kettle MA (1958) Treatment of the unerupted maxillary canine. Dent Practitioner Dent Record 8:245-255

Keur JJ (1986) Radiographic localization techniques. Aust Dent J 31:86-90

Kornas M, Hassfeld S, Mende U, Zöller J (1998) Metrische Genauigkeit der CT-Analyse vor enossaler Implantation. Dtsch Zahnärztl Z 53:120-126

Kraut RA (1998) Interactive CT diagnostics, planning and preparation for dental implants. Implant Dent 7:19-25

Langberg BJ, Peck S (2000) Tooth-size reduction associated with occurrence of palatal displacement of canines. *Angle Orthod* 70:126-128

Langberg BJ, Peck S (2000a) Adequacy of maxillary dental arch width in patients with palatally displaced canines. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 118:220-223

Lecomber AR, Downes SL, Mokhtari M, Faulkner K (2000) Optimisation of patient doses in programmable dental panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 29:107-112

Lecomber AR, Yoneyama Y, Lovelock DJ, Hosoi T, Adams AM (2001) Comparison of patient dose from imaging protocols for dental implant planning using conventional radiography and computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 30:255-259

Leivesley WD (1984) Minimizing the problem of impacted and ectopic canines. *J Dent Child* 51:367-370

Lindauer SJ, Rubinstein LK, Hang WM, Andersen WC, Isaacson RJ (1992) Canine impaction identified early with panoramic radiographs. *J Am Dent Assoc* 123:91-97

Lindh C, Petersson A (1989) Radiologic examination for location of the mandibular canal: A comparison between panoramic radiography and conventionally tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 4:249-253

Linden FPGM van der, Boersma H, Prahl-Andersen B (1997) Development of the dentition. In: Prahl-Andersen B, Kowalski CJ, Heydendael PHJ: A mixed-longitudinal interdisciplinary study of growth and development. Academic Press, New York

Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL (2003) Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: New Tom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 32:229-234

Marxer H (1985) Die Orthopantomographie in der Praxis des Kieferorthopäden. *Int Orthod Kieferorthop* 17:377-392

Mayrhofer B (1931) Zur Retention und Verlagerung von Zähnen und über eine besondere Ursache der Retention. *Wien Klin Wochenschr* 44:843-844

McSherry P, Richardson A (1999) Ectopic eruption of the maxillary canine quantified in three dimensions of cephalometric radiographs between the ages of 5 and 15 years. *Eur J Orthod* 21:41-48

Meiners H (1977) *Abformgenauigkeit mit elastomeren Abformmaterialien*. Hanser, München Wien

Meiners H (1978) Eigenschaft und Genauigkeit von elastomeren Abformmaterialien (Polysulfide, Silikone, Polyäther). *Zahnärztl-Welt-Zahnärztl-Reform-ZWR* 78:426-430

Miller CS, Nummikoski PV, Barnett DA, Langlais RP (1990) Cross sectional tomography. A diagnostic technique for determining the buccolingual relationship of impacted mandibular third molars and the inferior alveolar neurovascular bundle. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 70:791-797

Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, et al. (1998) A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 8:1558-1564

Möbes O, Becker J, Pawelzik J, Jacobs K (1999) Anwendungsmöglichkeiten der Digitalen Volumentomographie in der implantologischen Diagnostik. *Z Zahnärztl Implantol* 15:229-233

Möbes O, Becker J, Schneller C, Ewen K, Kemper J, Cohnen M (2000) Strahlenexposition bei der digitalen Volumentomographie, Panoramaschichtaufnahme und Computertomographie. *Dtsch Zahnärztl Z* 55:336-339

Nordenram A, Strömberg C (1966) Positional variations of impacted upper canine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 22:711-714

Ostrofsky MK (1974) Localisation of impacted canines with Status-X radiographie. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 42:529-533

Pasler FA, Visser H (2000). Strahlenexposition des Patienten bei zahnärztlichen Röntgenuntersuchungen. In: Rateitschak KH, Wolf HF (Hrsg) *Zahnmedizinische Radiologie*. Thieme, Stuttgart New York (Farbatlant der Zahnmedizin 2. überarb. Aufl. Bd.5, S 17-28)

Peck S, Peck L, Kataja M (1994) The palatally displaced canine as a dental anomaly of genetic origin. *Angle Orthod* 64:249-256

Peck S, Peck L, Kataja M (1996) Prevalence of tooth agenesis and peg-shaped maxillary lateral incisor associated with palatally displaced canine (PDC) anomaly. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 110:441-443

Preda L, La Fianza A, Di Maggio EM, et al. (1997) The use of spiral computed tomography in the localization of impacted maxillary canines. *Dentomaxillofac Radiol* 26:236-241

Rayne J (1969) The unerupted maxillary canine. *Dent Pract Dent Rec* 19:194-204

Rohlin M, Rundquist L (1984) Apical root anatomy of impacted maxillary canines. A clinical and radiographic study. *Oral Surg* 58:141-147

Rother U (2001) *Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde*. Urban & Fischer, München Jena

Rowse CW (1971) Notes on Interpretation of the Orthopantomogram. *Brit Dent J* 130:425-434

- Röhler A (1929) Displaced and impacted canines. *Int J Orthod* 25:1003-1020
- Salzmann JA (1974) *Orthodontics in daily practice*. Lippincott, Philadelphia
- Sauer R (2001) Dosisbegriffe und Dosiseinheiten. In: Kaufmann GW, Moser E, Sauer R (Hrsg) *Radiologie*. Urban & Fischer, München Jena
- Schmuth GP, Freisfeld M, Koster O, Schüller H (1992) The application of computerized tomography (CT) in cases of impacted maxillary canines. *Eur J Orthod* 14:296-301
- Scheff J (1909) *Handbuch der Zahnheilkunde, Retention; Rudimentärzähne; Verwachsung des Zahnbeines mit dem Knochen*. Hölder, Wien Leipzig
- Schopf P (1966) Längen- und Winkelmessungen am Orthopantomogramm. *Fortschr Kieferorthop* 27:107-114
- Schopf P (1970) Wurzelmineralisation und Zahndurchbruch im Wechselgebiss. Eine Studie an Panorama-Röntgenbildern. *Fortschr Kieferorthop* 31: 39-56
- Schour I, Massler M (1941) The development of the human dentition. *J Am Dent Assoc* 28:1153-1160
- Schüller H, Freisfeld M (1992) Die Schädigung bleibender Zähne durch verlagerte obere Eckzähne. *Fortschr Röntgenstr* 157:107-110
- Seddon RP, Smith PB (1996) Early arrested development and coronal resorption of an impacted maxillary canine: report of case. *J Dent Child* 63:208-212
- Segelmann AE (1991) Cross sectional tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 72:133-135
- Seidel W (1974) Fehler und Irrtümer bei Panoramiaschichtaufnahmen. *Dtsch Zahnärztl Z* 29:307-311

Sellerer S, Hirschfelder U (1999) Bestimmung der Zahnangulation im Dental-CT bei nicht konstanten Untersuchungsparametern. J Oral Med 1:Poster 10

Shapira Y, Kuftinec MM (1998) Early diagnosis and interception of potential maxillary canine impaction. J Am Dent Assoc 129:1450-1454

Sinkovits V von, Polczer MG (1964) Die Häufigkeit retinierter Zähne. Dtsch Zahnärztl Z 19:389-396

Sitzmann F (1988) Röntgentechnik in der Zahnheilkunde. In: Ketterl W (Hrsg) Grundlagen der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore (Praxis der Zahnheilkunde 1, 2. Aufl., S 201-236)

Sonnabend E (1964) Zur Strahlenbelastung des Patienten bei extraoralen und Panorama-Röntgenaufnahmen der Zähne und Kiefer. Dtsch Zahnärztl Z 19:729-752

Sonnabend E (1976) Die Dosis bei Röntgenaufnahmen in der Kieferorthopädie und ihre Bedeutung für die Indikationsstellung. Fortschr Kieferorthop 37:69-73

Sonnabend E (1988) Röntgentechnik in der Zahnheilkunde. In: Ketterl W (Hrsg) Grundlagen der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore (Praxis der Zahnheilkunde, 2. Aufl., Bd. 1, S 111-200)

Sonnabend E (1989) Röntgentechnik in der Zahnheilkunde. Urban & Schwarzenberg, München

Southall PJ, Gravely JF (1987) Radiographic localisation of unerupted teeth in the anterior part of the maxilla: a survey of methods currently employed. Brit J Orthod 14:235-242

Southall PJ, Gravely JF (1989) Vertical parallax radiology to localize an object in the anterior part of the maxilla. Br J Orthod 16:79-83

Stellzig A, Basdra G, Komposch G (1994) Zur Ätiologie der Eckzahnverlagerung- eine Platzanalyse. J Orofac Orthop 55:97-103

Stivaros N, Mandall NA (2000) Radiographic factors affecting the management of impacted upper permanent canines. J Orthod 27:169-173

Takahama Y, Aiyama Y (1982) Maxillary canine impaction as a possible microform of cleft lip and palate. Eur J Orthod 4:275-277

Tanrikulu R, Erol B (2001) Comparison of computed tomography with conventional radiography for midfacial fractures. Dentomaxillofac Radiol 30:141-146

Thilander B, Jacobsson SO (1968) Local factors in impaction of maxillary canines. Acta Odontol Scand 26:145-168

Tränkmann J, Ködel G (1970) Zur Indikation der chirurgisch-kieferorthopädischen Einordnung retinierter und halbretinierter Molaren. Dtsch Zahnärztl Z 25:1141-1143

Tränkmann J (1973) Häufigkeit retinierter Zähne der zweiten Dentition. Dtsch Zahnärztl Z 28:415-420

Tränkmann J (2000) Entwicklung der Dentition und Okklusion. In: Diedrich P (Hrsg) Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik. Urban & Fischer, München Jena (Praxis der Zahnheilkunde, 4. Aufl., S 48-71)

Visser H (1999) Untersuchungen zur Optimierung der parodontologischen Röntgendiagnostik. Quintess, Berlin

Visser H, Matheis B, Richter B, et al. (1997) Zahnfilmstatus und Panoramaschichtaufnahme- Ergebnisse einer klinisch-dosimetrischen Untersuchung. Dtsch Zahnärztl Z 52:492-494

Visser H, Hermann KP, Bredemeier S, Köhler B (2000) Dosismessungen zum Vergleich von konventionellen und digitalen Panoramaschichtaufnahmen. *Mund Kiefer Gesichtschir* 4:213-216

Visser H, Rödiger T, Hermann KP (2001) Dose reduction by direct-digital cephalometric radiography. *Angle Orthod* 71:159-163

Wyatt DL, Farmen AB, Orbell GM, Silveire AM, Scarfe WC (1995) Accuracy of dimensional and angular measurements from panoramic and lateral oblique radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 24:225-231

White SC (1992) Assessment of radiation risk from dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 21:118-126

Williams BH (1981) Diagnosis and prevention of maxillary cuspid impaction. *Angle Orthod* 51:30-40

Zäschke C, Schöpf PM (1975) Zur metrischen Analyse von Panorama- Röntgenbildern. *Fortschr Kieferorthop* 36:231-243

Ziegler E (1998) Atomgesetz mit Verordnungen. Nomos, Baden-Baden

Ziegler CM, Hassfeld S, Heil U, Tigör B, Mühlhng J (1999) Transversale Schichtaufnahmen der Kiefer. Diagnostische Möglichkeiten und Grenzen der Panoramaschichtröntgenanlage Orthophos. *Zahnärztl-Welt-Zahnärztl-Reform-ZWR* 108:91-95

Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S (2002) Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 31:126-130

Zilberman Y, Cohen B, Becker A (1990) Familial trends in palatal canines, anomalous lateral incisors and related phenomena. *Eur J Orthod* 12:135-139

Frau Prof. Dr. med. dent. B. Kahl-Nieke danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung und Fertigstellung dieser Arbeit.

Herrn Dr. med. dent. A. Fuhrmann und Herrn Dr. med. dent. D. Schulze danke ich für ihren fachlichen Rat und ihre Unterstützung bei der Anfertigung der Phantom- Panoramaschichtaufnahmen, transversalen Schichtaufnahmen sowie computertomographischen Aufnahmen dieser Arbeit.

Lebenslauf

Am 11. Oktober 1977 wurde ich als erste Tochter der Eheleute Jens Peter Bremert und Gudrun Bremert, geb. Wiebelitz, in Hamburg geboren.

Von 1984 bis 1988 besuchte ich die Grundschule Burgunderweg in Hamburg- Niendorf.

1988 wurde ich auf das Ohmoor-Gymnasium in Hamburg aufgenommen und erlangte meine allgemeine Hochschulreife am 12. Juni 1997.

Im Wintersemester 1997/98 begann ich das Studium der Zahnmedizin an der Universität Hamburg.

Am 14. Oktober 1998 legte ich die naturwissenschaftliche- und am 18. Oktober 2000 die zahnärztliche Vorprüfung ab. Das zahnärztliche Staatsexamen beendete ich am 01. Juli 2003 und erhielt meine Approbation als Zahnärztin am 14. Juli 2003.

Seit Oktober 2003 bin ich als Assistenz Zahnärztin in Hamburg tätig.

Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe, und dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.