

Aus der Abteilung Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
(Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H. Schliephake)
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Radiologische Querschnittsstudie zur
Qualitätsverbesserung von Panoramaschichtaufnahmen
mittels Zungenrepositionsmanöver**

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
für Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Christian Sömmer
aus
Eisenach

Göttingen 2008

D e k a n: Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. W. Engelke

II. Berichterstatter/ in:

III. Berichterstatter/ in:

Tag der mündlichen Prüfung:

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Einführung in das Thema	1
1.2	Die Panoramaschichtaufnahme	2
1.2.1	Historische Entwicklung der Panoramaschichtaufnahme	2
1.2.2	Röntgenanatomie in der Panoramaschichtaufnahme	5
1.2.3	Vor- und Nachteile der Panoramaschichtaufnahme	8
1.2.4	Indikation zur Anfertigung von Panoramaschichtaufnahmen	10
1.3	Qualität und Fehler der Panoramaschichtaufnahme	11
1.3.1	Allgemeine Fehlermöglichkeiten bei der Aufnahme	11
1.3.2	Die häufigsten Fehler auf Panoramaschichtaufnahmen	17
1.3.3	Metrische Auswertung von Fehlern auf Panoramaschichtaufnahmen	19
1.4	Das Zungenrepositionsmanöver	20
1.5	Fragestellungen und Ziele der vorliegenden Arbeit	24
2.	Material und Methode	25
2.1	Patientenkollektiv	25
2.2	Membrantrichterplatte	27
2.2.1	Beurteilung des negativen interokklusalen Drucks	28
2.3	Durchführung der Untersuchung am Röntgengerät	29
2.3.1	Aufnahmepvorbereitung	29
2.3.2	Einstelltechnik	30
2.3.3	Aufnahmetechnik	32

2.4	Röntgenbildauswertung	32
2.4.1	Vermessung anatomischer Strukturen auf den Panoramaschichtaufnahmen	33
2.4.1.1	Messstrecken	34
2.4.1.2	Vorgehen bei der Messung	34
2.4.2	Visuelle Beurteilung der Panoramaschichtaufnahmen	36
2.5	Statistische Auswertung	37
3.	Ergebnisse	39
3.1	Vermessung der Positionierungsfehler anhand anatomischer Strukturen	39
3.1.1	Vertikale Zungenposition	39
3.1.2	Seitliche Kippung des Kopfes	45
3.1.3	Drehung des Kopfes	47
3.2	Visuelles Erkennen von Fehlern auf den Panoramaschichtaufnahmen	49
3.2.1	Positionierungsfehler	49
3.2.2	Technische Fehler	53
3.2.3	Detailerkennbarkeit	56
4.	Diskussion	58
4.1	Diskussion der Methodik	58
4.1.1	Membrantrichterplatte	58
4.1.2	Genauigkeit des Aufnahmeverfahrens	61
4.1.3	Vermessung der anatomischen Strecken	63
4.1.3.1	Reproduzierbarkeit der Streckenausmessungen auf den Panoramaschichtaufnahmen	65
4.1.4	Visuelle Fehlerbeurteilung auf den Panoramaschichtaufnahmen	67
4.2	Diskussion der Ergebnisse	68
4.2.1	Metrische Ergebnisse	68

4.2.1.1	Vertikale Zungenposition	68
4.2.1.2	Seitliche Kippung des Kopfes	69
4.2.1.3	Drehung des Kopfes	70
4.2.2	Beurteilung der visuellen Ergebnisse	71
4.2.2.1	Positionierungsfehler	71
4.2.2.2	Technische Fehler	75
4.2.2.3	Detailerkennbarkeit	77
4.3	Klinischer Ausblick	78
5.	Zusammenfassung	80
6.	Anhang	82
6.1	Protokollbogen	82
6.2	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	84
6.3	Abkürzungsverzeichnis	86
7.	Literaturverzeichnis	88

1. Einleitung

1.1 Einführung in das Thema

Die Panoramaschichtaufnahme hat seit vielen Jahren ihren festen Platz in der zahnärztlichen, kieferchirurgischen und kieferorthopädischen Diagnostik und ist das am häufigsten verwendete bildgebende Verfahren in der Zahnmedizin (LIANG und FREDERIKSEN 2004). Es handelt sich dabei um ein radiologisches Verfahren, bei dem es durch eine spezielle Aufnahmetechnik möglich ist, Ober- und Unterkiefer mit sämtlichen Zähnen und Zahnanlagen, Kieferhöhle und Nasenboden sowie Kiefergelenke und Zungenbein in der richtigen topographischen Zuordnung auf einer Aufnahme abzubilden. Dadurch erweitert diese vielfach auch als Screening-Instrument angewendete Untersuchung (HATCHER 1997) die Chancen einer erfolgreichen Frühdiagnostik pathologischer Veränderungen.

Die Panoramaschichtaufnahme stellt eine der wichtigsten Ergänzungsuntersuchungen dar (DAMANTE et al. 1998) und hat in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik bis zum heutigen Tag eine Vielzahl von technischen Modifikationen und Verbesserungen erfahren. Allerdings wird man bei nüchterner Betrachtung der erreichten Bildqualität feststellen, dass das Verfahren noch entscheidende Schwachstellen besitzt.

Als wichtige systembedingte Fehlerquelle, die nicht beeinflusst werden kann, macht sich bemerkbar, dass projektionsbedingt nur der innerhalb der Fokuskurve liegende Schichtbereich zur scharfen Darstellung kommt. Eine Kongruenz zwischen diesem definierten Schichtbereich und den unterschiedlichen anatomischen Gegebenheiten der Patienten ist nicht immer möglich und führt zu mangelhafter Bildqualität in Form von Verzeichnungen, Unschärfen und Überlagerungen.

Andererseits kommen zu diesen nicht beeinflussbaren Fehlerquellen Positionierungsfehler oder auch vermeidbare technische Fehler hinzu, die ebenfalls die Bildqualität herabsetzen können.

Einer der häufigsten Positionierungsfehler ist die Zungenfehlage ohne komplette Anlagerung an den Gaumen, der dadurch als Zungenschatten über dem Oberkieferfrontzahnbereich auf der PSA sichtbar wird. Dabei ist festzustellen, dass die alleinige Patienteninstruktion und -kooperation nicht ausreicht, diesen Fehler zu vermeiden.

Allerdings ist ein Verfahren verfügbar, mit dem der Patient sicher und ohne größeren apparativen Aufwand instruiert werden kann, eine Zungenlage in flächenhaftem Kon-

takt mit dem Gaumen einzunehmen und die Einnahme dieser Position gleichzeitig Untersucher und Patient angezeigt werden kann. Durch das Zungenrepositionsmanöver (ENGELKE 2003) ist somit eine objektive Kontrolle der Zungenposition möglich.

1.2 Die Panoramaschichtaufnahme

1.2.1 Historische Entwicklung der Panoramaschichtaufnahme

„Einer der wichtigsten Meilensteine in der Geschichte der Medizin und der Zahnmedizin war die Entdeckung der ‚X-Strahlen‘ durch W. C. Röntgen im Jahre 1895. Kurze Zeit nach der Veröffentlichung Röntgens ließ Walkhoff durch Giesel in Braunschweig intraorale Aufnahmen mit den neu entdeckten ‚X-Strahlen‘ von seinen Backenzähnen anfertigen. Die Expositionszeit für diese Aufnahmen betrug 25 Minuten.“(PASLER 1995, S. V).

Seither hat sich vieles in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik verändert (PASLER 1995). NUMATA (1933) aus Japan veröffentlichte 1933 erste Überlegungen, eine Aufnahmetechnik zu entwickeln, mit der Ober- und Unterkiefer mit sämtlichen Zähnen und Zahnanlagen in der richtigen topographischen Zuordnung abgebildet sind. Im Jahre 1934 begann er mit Versuchen, bei denen ein gebogener Film intraoral platziert wurde und die Röntgenstrahlen um den Kopf des Patienten herum liefen (NUMATA 1934).

HECKMANN (1939) stellte Ende der 30iger Jahre ein weiteres Verfahren zur Darstellung des gesamten Kausystems vor. Er beschrieb ein Röntgenverfahren, bei dem sich zwei Komponenten, nämlich der Film und die Röntgenröhre, bewegten. Dieses Prinzip wurde als Pantomographie bezeichnet und entwickelte sich aus dem Prinzip der Tomographie, wie sie sich Bocage schon 1921 patentieren ließ (BEHFAR 2005, S. 10). PAATERO (1949) entwickelte, unabhängig der Arbeiten von NUMATA (1934) und HECKMANN (1939), zunächst ein Verfahren mit einer stationären Röntgenröhre, wobei das Strahlenbündel durch einen vertikalen Schlitz begrenzt wurde. Während der Exposition wurde der Patient, der auf einem Drehstuhl saß, um die eigene Achse gedreht. Auch bei ihm befand sich der Röntgenfilm intraoral. Dabei mussten jeweils zwei getrennte Aufnahmen vom Ober- und Unterkiefer angefertigt werden.

Noch im selben Jahr fand PAATERO (1949) heraus, dass der Film auch extraoral platziert werden kann. Daraufhin entwickelte er eine Methode, bei der der Patient und der Film um eine einzige vertikale Achse gedreht wurden, die Röntgenröhre jedoch unbeweglich stationiert war. Filmkassette und Patient rotierten mit derselben Winkelgeschwindigkeit um eine vertikale Achse, die etwa in der Mitte zwischen den beiden Kiefergelenken des Patienten lag. Dabei entsprach die Schichtebene der Oberfläche eines Zylinders, was eine geringe Abbildungsschärfe zur Folge hatte (BROSE 1992).

Im Jahre 1950 fand Paatero in Zusammenarbeit mit Nelson und Kumpala heraus, dass durch die Anwendung von zwei exzentrischen Rotationszentren, statt eines vertikalen Rotationszentrums, die Kiefer näher an den Film gebracht werden können und dadurch der Zentralstrahl mehr senkrecht auf die Zähne und den Film treffen würde (zitiert nach LANGLAND et al. 1989). Dies würde die Abbildungsqualität enorm steigern, da es zu weniger Überlagerungen der Zähne käme (BEHFAR 2005). PAATERO (1954) konnte die theoretischen und praktischen Kenntnisse in die Tat umsetzen und stellt das erste funktionstüchtige, klinisch anwendbare Pantomographiegerät vor. Bei diesem Gerät rotieren Film und Röntgenröhre während der Aufnahme um zwei für die rechte und linke Kieferseite getrennte Rotationszentren, so dass die abgebildete Schicht der Zahnbogenform angepasst war. Während bei den ersten Geräten die Fokuskurve noch ein Kreisbogensegment darstellte, gelang es durch technische Verbesserungen an den Geräten, die Form der Fokuskurve dem Zahnbogenverlauf entsprechend zu gestalten (BROSE 1992).

Später gelang es PAATERO (1958) die Pantomographie derart zu modifizieren, dass zusätzlich zur fast überlagerungsfreien Darstellung aller Zähne auch die orthoradiale Darstellung der aufsteigenden Äste mit den Kiefergelenken möglich war. Dabei musste die Bewegung von Film und Fokus um drei Rotationszentren erfolgen, um die Zähne und die umgebenden Strukturen orthoradial abbilden zu können. Dies war nur mit einem Drehpunkt nicht möglich gewesen.

Zwei dieser Rotationszentren kamen links und rechts im Bereich der letzten Molaren zu liegen und das dritte im Bereich des vorderen Mundbodens. Die drei Drehzentren stellten gleichzeitig den so genannten funktionellen Fokus dar. Diese Methode ließ sich PAATERO im Jahre 1957 als „Orthopantomographie“ patentieren (PAATERO 1961).

Das Prinzip der Funktion des Orthopantomographen zeigt Abbildung 1.1.

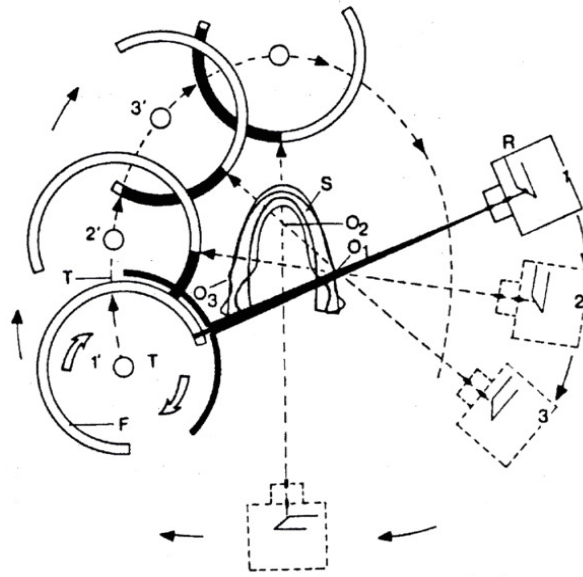


Abb. 1.1: Prinzip der Orthopantomographie. Während die Röhre im Gehäuse (**R**) und der ihr vorgeschalteten vertikalen Schlitzblende um die Drehzentren (**O1**, **O2** und **O3**) von der rechten Seite des Patienten über seinen Nacken bis zur Gegenseite bewegt wird, wandert die Filmtrommel (**T**) synchron von der linken Seite des Patienten am Gesicht vorbei zur Gegenseite. Gleichzeitig dreht sich der auf der Filmtrommel montierte Film (**F**) um die Achse der Filmtrommel und gleitet so an der Sekundärschlitzblende vorbei. Das Objekt (**S**) zeigt, schematisch auf den Zahnbogen des Unterkiefers projiziert, ungefähr den Schichtbereich an (PASLER 1989, S. 211).

Durch die drei Drehpunktachsen wird eine annähernd orthogonale Projektion der zu untersuchenden Strukturen auf den Film ermöglicht. Durch bewegte Drehpunktachsen lässt sich allerdings die Darstellung noch weiter verbessern (PATEL und MANSON-HING 1986).

Die heutigen Röntgengeräte sind deshalb mit einem sich ständig bewegenden Rotationszentrum ausgestattet (MARTINEZ-CRUZ und MANSON-HING 1987, HAYAKAWA et al. 1993, LECOMBER und FAULKNER 1993), so dass praktisch unendlich viele Rotationszentren vorhanden sind. Dabei wandern die seitlichen Drehpunkte bis zur Front und wieder zurück. Durch Weiterentwicklung der Generatoren (FOREST et al. 1981), Verkleinerung des Brennflecks, Einsatz von Verstärkerfolien, Optimierung des Bewegungsablaufes und der elektronischen Steuerung sowie den Einsatz digitaler Rechner konnten weitere wesentliche Verbesserungen erzielt werden. Die Zeichenschärfe des Zahnfilms ist jedoch immer noch nicht erreicht (FARRANT 1986, BENZ 1989).

1.2.2 Röntgenanatomie der Panoramaschichtaufnahme

Im Unterschied zur normalen makroskopischen Anatomie folgt die in einer Röntgenaufnahme wiedergegebene Röntgenanatomie den besonderen Gesetzmäßigkeiten der Strahlenwirkung (PASLER 2008).

Die Panoramaschichtaufnahme ist keine Nativaufnahme, sondern eine Zonographie, bei der alle Strukturen, die innerhalb der Schicht liegen, scharf gezeichnet werden, ohne dass die außerhalb der Schicht befindlichen Organe oder Fremdkörper gänzlich verwischt werden können.

Bei der Normprojektion einer Panoramaschichtaufnahme wird die räumliche Vorstellung etwas erschwert, da eine gekrümmte Schicht in einer Ebene abgebildet wird, so dass in der Mitte des Bildes eine frontale und auf den Seiten eine laterale Ansicht des Gesichtsschädels erscheint (DÜKER 2000). Abbildung 1.2 zeigt eine Fotomontage einer solchen „Panoramaschichtaufnahme“ anhand eines Skelettschädels.

Zu beachten ist, dass Röntgenaufnahmen nur die zweidimensionale Wiedergabe räumlicher Situationen erlauben (FREDHOLM et al. 1993). Somit sind auf Panoramaschichtaufnahmen nur vertikale und sagittale, nicht aber transversale Distanzen, also die Knochenausdehnung in bucco-oraler Richtung oder die Neigung des Alveolarfortsatzes beurteilbar (SEMPLE und GIBB 1987).

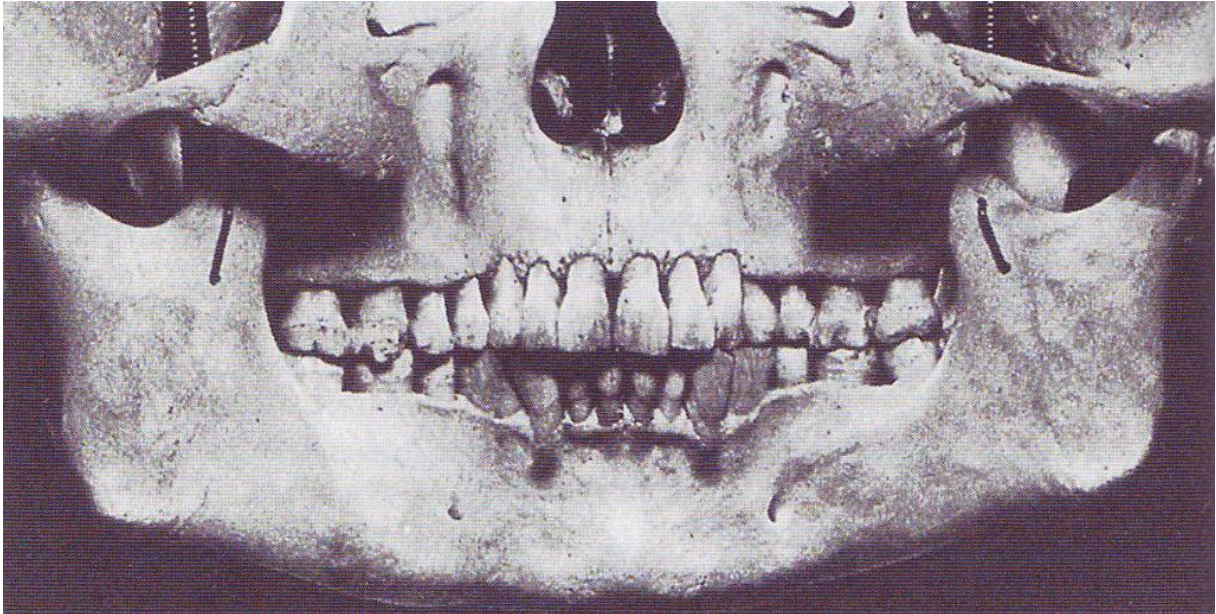
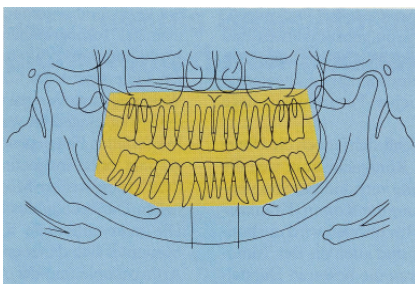


Abb. 1.2: Anatomie in der Panoramaschichtaufnahme. An dieser Fotomontage ist die Wiedergabe anatomischer Strukturen in einer PSA gut zu verfolgen. Mit Ausnahme der Halswirbelsäule, der Zunge, der lufthaltigen Räume und des Hyoids sind die wesentlichen Strukturen an ihrem Platz wie im Röntgenbild (PASLER 2008, S. 194).

Die Panoramaschichtaufnahme lässt sich in vier Regionen aufteilen (Abb. 1.3):

- dentoalveoläre Region
- maxilläre Region
- mandibuläre Region
- Kiefergelenkregion mit retromaxillärer und zervikaler Region.

Dentoalveoläre Region



Maxilläre Region

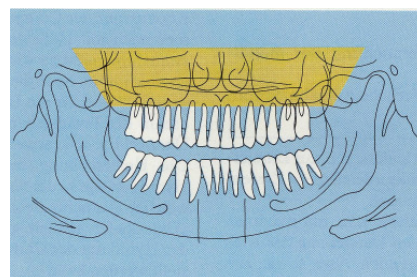
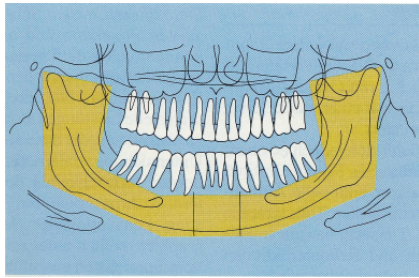


Abb. 1.3a: Darstellung der systematischen Betrachtung einer PSA: dentoalveoläre und maxilläre Region (PASLER 1991, S. 5).

Mandibuläre Region



Kiefergelenkregion

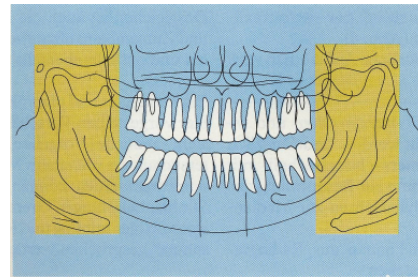


Abb. 1.3b: Darstellung der systematischen Betrachtung einer PSA: mandibuläre und Kiefergelenkregion (PASLER 1991, S. 5).

Die anatomischen Strukturen, die sich in der Panoramaschichtaufnahme identifizieren lassen, sind in Abbildung 1.4 dargestellt.

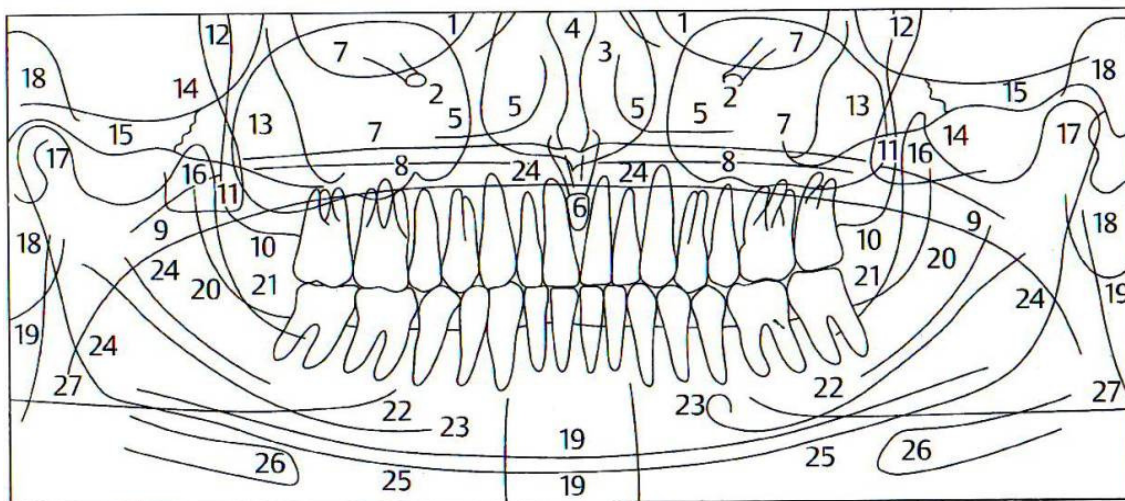


Abb. 1.4: Röntgenanatomie der PSA: Darstellung röntgenanatomischer Strukturen, die in der Panoramaschichtaufnahme eines Erwachsenen beobachtet werden können (PASLER 2008, S. 195).

- | | |
|---|---|
| 1 Orbitae | 14 Sutura zygomaticotemporalis |
| 2 Cavum infraorbitale | 15 Arcus zygomaticus, Tuberculum articulare |
| 3 Cavum nasi | 16 Processus coronoideus |
| 4 Septum nasi | 17 Kondylus |
| 5 Concha nasalis inferior | 18 äußeres Ohr mit äußerem Gehörgang |
| 6 Foramen incisivum | 19 Halswirbelsäule |
| 7 Sinus maxillae | 20 Crista temporalis mandibulae |
| 8 Gaumendach und Nasenboden | 21 Linea obliqua |
| 9 Velum palatinum | 22 Canalis mandibulae |
| 10 Tuber maxillae | 23 Foramen mentale |
| 11 Processus pterygoideus sowie
Processus pyramidalis ossis palatini | 24 Zungenrücken |
| 12 Fossa pterygopalatina | 25 Kompakta des Unterkieferrandes |
| 13 Os zygomaticum | 26 Zungenbein |
| | 27 Verwischung des Gegenkiefers |

Für die Projektion des gesamten Unterkiefers gibt es keine bessere überlagerungsfreie Darstellung als durch die Panoramaschichtaufnahme (STEINHARDT 1989, WINDISCH 1997, DÜKER 2000). Die Darstellung des Kiefergelenks in der Panoramaschichtaufnahme wird in der Literatur vielfältig beschrieben. Unumstritten ist die Tatsache, dass diese Aufnahme einen orientierenden Überblick über die Kiefergelenksregion geben kann (MATTILA et al. 1977, FREITAG und OESER 1977, CHILVARQUER et al. 1988).

1.2.3 Vor- und Nachteile der Panoramaschichtaufnahme

Der wesentliche Vorteil der Panoramaschichtaufnahme liegt darin, dass mit einer Aufnahme alle radiologisch darstellbaren Strukturen des Kauorgans erfasst werden, wobei das Verfahren eine räumliche Zuordnung der einzelnen Objektteile sowie deren Beurteilung im Seitenvergleich erlaubt. Diese Darstellung ist mit keinem anderen radiologischen Verfahren möglich.

Die PSA dient daher als Übersichtsaufnahme sowie zur gezielten Darstellung zahlreicher unterschiedlicher pathologischer Veränderungen in allen Bereichen der Zahnheilkunde, insbesondere in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, der Oralchirurgie und der Kieferorthopädie (IMMENKAMP 1972, MUTSCHELKNAUSS und VAN DER OHE 1978, NITSCH 1979).

Der besondere Vorteil des Panoramaschichtverfahrens zeigt sich insbesondere auch darin, dass nicht selten auf Panoramaaufnahmen behandlungsdürftige Zufallsbefunde entdeckt werden, die dem Patienten aufgrund fehlender Symptomatik nicht bekannt waren und vom Arzt bzw. Zahnarzt durch die klinische Untersuchung nicht feststellbar waren (FREITAG und SEIDEL 1972). Weiterhin bestehen durch den stets gleichen Abbildungs- und Projektionsvorgang optimale Voraussetzungen für eine Verlaufsbeurteilung (BODE 2004).

Die PSA ist gegenüber der Einzelzahnaufnahme oder auch CT-Aufnahmen ein strahlenschutzmäßig außerordentlich günstiges Verfahren (ROTTKE et al. 1974). Die Strahlenbelastung ist gegenüber der des Röntgenstatus um 90% vermindert (NITSCH 1979). Dabei zeigt sich, dass die Hautoberflächendosis und insbesondere die Gonadendosis bei PSA wesentlich günstiger zu beurteilen ist. Die Maximalwerte der Hautoberflächendosis am Kopf liegen kaum über 2 mSv (ROTTKE et al. 1974)

und für die Gonaden bei Anwendung einer Bleischürze unter 0,1 μSv pro Aufnahme (DÜKER 2000).

Von den meisten Autoren wird als der entscheidende Schwachpunkt des Panoramaschichtverfahrens der verfahrenstechnische Mangel angesehen, sich nicht auf die individuellen anatomischen Merkmale des Patienten einstellen zu können. So wird die Bildqualität durch anatomisch bedingte Abweichungen vom regelrecht geformten Zahnbogen beeinträchtigt (JUNG 1973). Hinzu kommen projektionsbedingte Verzerrungen durch den Verlauf des Zentralstrahles, der um 10 bis 30 Grad gegen die Horizontalebene nach kranial geneigt ist. Dadurch entsteht insbesondere im Bereich der Frontzähne eine verkürzte Darstellung der Zähne (JUNG 1972b).

Bedingt durch die anatomischen Gegebenheiten und durch die im Seitenzahnbereich große Schichtdicke können verschiedene störende Überlagerungen auftreten. So wird die Wirbelsäule mit ihrer hohen Strahlenabsorption in den Frontzahnbereich projiziert und kann die Beurteilbarkeit in dieser Region erheblich beeinträchtigen (JUNG 1973, ROTTKE 1987). Bei einem flachen Gaumen kann sich der Nasenboden in die Wurzelspitzen der Oberkieferzähne projizieren, so dass die periapikalen Bereiche nicht beurteilbar sind (SELLE und SCHNEUZER 1972). Andererseits kann die Oberkieferregion überstrahlt werden, wenn der Patient bei der Aufnahme die Zunge nicht flächenhaft an den Gaumen anlegt, so dass die Filterwirkung durch das Weichgewebe der Zunge wegfällt (ROTTKE 1977, SERMAN et al. 2002, AKARSLAN et al. 2003, PASLER 2008).

Zu den verfahrensbedingten Mängeln kommen die Nachteile, die durch die Verwendung von Film-Folien-Kombinationen entstehen. Die Zeichenschärfe bzw. Ortsauflösung dieser Systeme ist deutlich geringer als die der folienlosen und hochauflösenden Zahnfilme. Daher ist auf der Panoramaschichtaufnahme die Beurteilung feiner Strukturen, insbesondere der Wurzelkanäle, der Desmodontalspalten oder kleiner kariöser Läsionen, erheblich eingeschränkt (SONNABEND und RING 1972, MUTSCHELKNAUSS und VAN DER OHE 1978).

1.2.4 Indikation zur Anfertigung von Panoramaschichtaufnahmen

Im Rahmen der kieferchirurgischen und oralchirurgischen Diagnostik nimmt die Panoramaschichtaufnahme eine wichtige Stellung ein (IMMENKAMP 1972, NITSCH 1979).

Wichtige Indikationen in diesem Bereich sind retinierte bzw. verlagerte Zahnanlagen. Insbesondere hochgradig verlagerte Zähne lassen sich praktisch nur mit der Panoramaschichttechnik überlagerungsfrei darstellen. Aber auch bei einfach retinierten oder verlagerten Weisheitszähnen ist die Anfertigung einer PSA indiziert, um den Zahn vollständig und in seiner topographischen Lagebeziehung zu Nachbarstrukturen darstellen zu können, die bei einer operativen Entfernung gefährdet werden können. Dies ist mit Einzelaufnahmen in der Regel nicht möglich (ROTTKE 1987).

Zum Nachweis oder Ausschluss strahlendichter Fremdkörper, z.B. Füllungsmaterial in der Kieferhöhle, ist die Anfertigung einer PSA erforderlich (BROSE 1992).

Bei allen Verletzungen im Kieferbereich mit Verdacht auf eine Fraktur ist, neben anderen Röntgenaufnahmen, die Anfertigung der PSA unverzichtbar, um Lokalisation und Art der Fraktur festzustellen, oder eine Fraktur ausschließen zu können (BROSE 1992).

Bei der konservierenden Zahnbehandlung dient die Panoramaaufnahme als Übersichtsaufnahme vor einer Sanierung, um vor Beginn einer Behandlung periapikale Veränderungen, Wurzelreste und größere kariöse Läsionen feststellen zu können. Aufgrund der geringen Ortsauflösung sind jedoch geringfügige pathologische Veränderungen nicht immer erkennbar, so dass sich die PSA zum Ausschluss dieser Veränderungen nicht eignet (SONNABEND und RING 1972, MOLANDER et al. 1995). Daher ist im Regelfall eine Ergänzung durch ein oder mehrere Einzelaufnahmen erforderlich.

Im Rahmen der parodontologischen Diagnostik ist die PSA nur bedingt geeignet, da sich der marginale Knochenrand aufgrund der Verzeichnung und Überlagerung nur unzureichend darstellen lässt und ein beginnender Knochenabbau leichter unterschätzt werden kann als im Zahnfilm (SONNABEND und RING 1972, VISSER 1999).

Zur Planung einer prothetischen Versorgung ist die PSA als Übersichtsaufnahme in vielen Fällen ausreichend, da sie meist alle für eine Planung erforderlichen Informa-

tionen enthält. Im Einzelfall kann ergänzend die Anfertigung von Einzelzahaufnahmen sinnvoll sein (JUNG 1972a).

Für die kieferorthopädische Diagnostik ist die PSA neben dem Fernröntgenseitenbild ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel, da sämtliche Zähne und Zahnanlagen abgebildet werden und der Entwicklungszustand der einzelnen Zähne bzw. Zahnkeime erkennbar ist. Durch den Vergleich mit früher angefertigten Aufnahmen lässt sich auch die Entwicklungs- und Wachstumstendenz abschätzen (RUHLAND 1972).

Darüber hinaus ist die Anfertigung einer PSA immer dann indiziert, wenn eine intraorale Aufnahme nicht angefertigt werden kann. Dies kann der Fall sein bei hochgradiger Kieferklemme oder bei starkem Würgereiz, wodurch das Einlegen eines intraoralen Filmes verhindert wird.

1.3 Qualität und Fehler der Panoramaschichtaufnahme

1.3.1 Allgemeine Fehlermöglichkeiten bei der Aufnahme

Da die Schichtlage durch das Panoramagerät festgelegt ist, muss der Kopf des Patienten zur Aufnahme so positioniert werden, dass die abzubildenden Strukturen, Zähne und Alveolarfortsatz, möglichst in der Schichtmitte bzw. in der Fokalkurve liegen. Dies setzt eine exakte Positionierung in den drei Ebenen voraus. Bei den neueren Geräten erfolgt die Ausrichtung des Patienten mit Hilfe eines Laser-Lichtvisiers, das die Median- und Horizontalebene des Gerätes sowie die Eckzahnlinie zur anterior-posterioren Ausrichtung anzeigt. Durch die Fixierung der Frontzähne im Aufbissblock ist einerseits gewährleistet, dass sich die Frontzähne in der schmalen Schicht befinden, andererseits werden die Zahnreihen gesperrt, so dass sich die Zahnkronen von Ober- und Unterkiefer nicht störend überlagern können (Abb. 1.5)

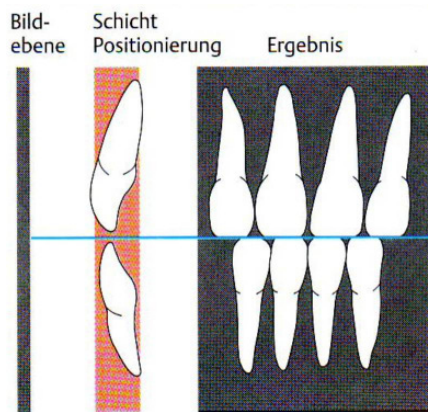


Abb.1.5: Darstellung der Frontzähne bei Kopfbissstellung. Zahnkronen und –wurzeln liegen innerhalb der Schicht und werden scharf abgebildet (PASLER und VISSER 2003, S. 5).

Diese Einstellung ist für Patienten mit voller Bezahnung oder Lückengebiss die Standardeinstellung. Bestimmte Fragestellungen erfordern die Anfertigung der Aufnahme in Schlussbissstellung. Hierbei gelingt es in der Regel nicht, die Frontzähne von Ober- und Unterkiefer in ihrer gesamten Ausdehnung innerhalb der Schicht zu positionieren, so dass Teile der Zähne unscharf zur Darstellung kommen (Abb. 1.6).

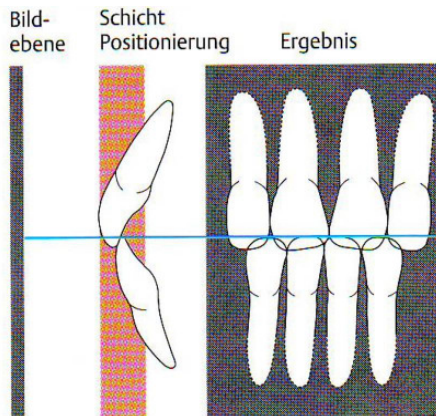


Abb. 1.6: Darstellung der Frontzähne bei Positionierung in Schlussbissstellung. Insbesondere bei schräger Achsenneigung liegen die Wurzeln der Zähne hinter der Schicht und werden verbreitert und unscharf wiedergegeben (PASLER und VISSER 2003, S. 5).

Die schichtbezügliche Ausrichtung erfolgt in diesen Fällen, ebenso wie bei zahnlosen Patienten, mit Hilfe des entsprechenden Laser-Lichtvisiers.

Eine Verschiebung des Patientenkopfes in der Sagittalebene, sprich nach vorne oder hinten, kann durch falsche Einstellung oder mangelnde Fixierung erfolgen. Sind die

Zähne ventral (filmwärts) verschoben, kommen sie vor der Schichtmarkierung zu liegen und erscheinen daher verkleinert und unscharf (Abb.1.7).

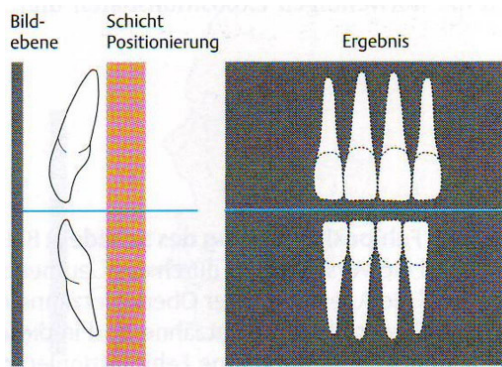


Abb. 1.7: Darstellung der Frontzähne des Patienten vor der Schicht. Die Frontzähne werden unscharf, scheinbar verkleinert und verschmälert abgebildet (PASLER und VISSER 2003, S. 9).

Wird der Patient dorsal (filmfern) positioniert, liegen die Frontzähne außerhalb der Schicht mit großer Distanz zur Bildebene. Die Abbildung der Frontzähne ist daher unscharf und vergrößert und zusätzlich, bedingt durch die Verwischung, verbreitert (Abb. 1.8).

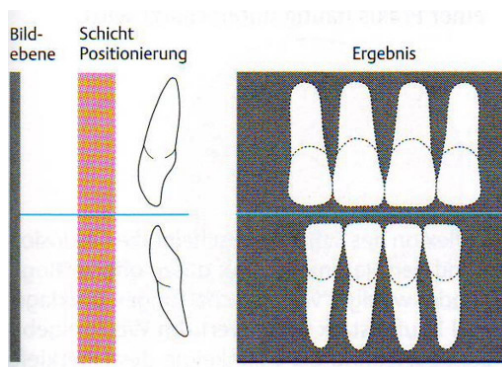


Abb. 1.8: Darstellung der Frontzähne des Patienten hinter der Schicht. Die Frontzähne werden unscharf, vergrößert und verbreitert abgebildet (PASLER und VISSER 2003, S. 9).

Die Kippung des Patientenkopfes bzw. der Kauebene nach vorne bewirkt, dass die Oberkiefer-Frontzähne vor der Schicht zu liegen kommen und daher unscharf abgebildet werden. Die normalerweise nur leichte, nach kranial konvexe Krümmung der Kauebene nimmt zu, der Abstand der Kiefergelenke nimmt ab, da sie filmnäher zu liegen kommen (Abb. 1.9).

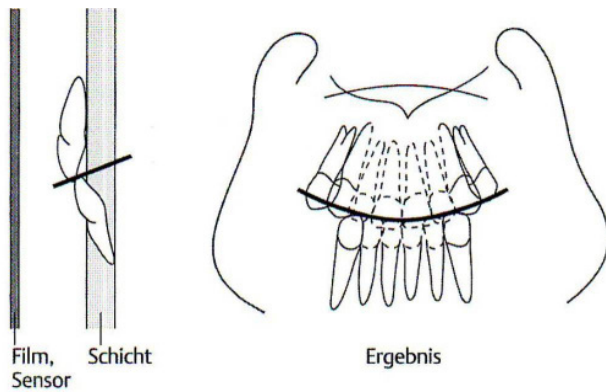


Abb. 1.9: Fehlpозиtionierung des Patienten mit Kippung der Kauebene nach vorne. Die Kauebene erscheint v-förmig, die Kiefergelenke sind nach oben wegprojiziert und die Frontzähne des Oberkiefers stehen vor der Schicht und erscheinen unscharf und verschmälert (PASLER 2008, S. 191).

Die Kippung des Patientenkopfes bzw. der Kauebene nach hinten bewirkt, dass die Wurzeln der Oberkieferzähne hinter der Schicht liegen und daher unscharf abgebildet werden. Die Kauebene weist im Frontzahnbereich eine umgekehrte Krümmung auf, insgesamt erscheint die Kauebene wellenförmig. Da die Kiefergelenke filmferner liegen, nimmt ihr Abstand zu (Abb. 1.10).

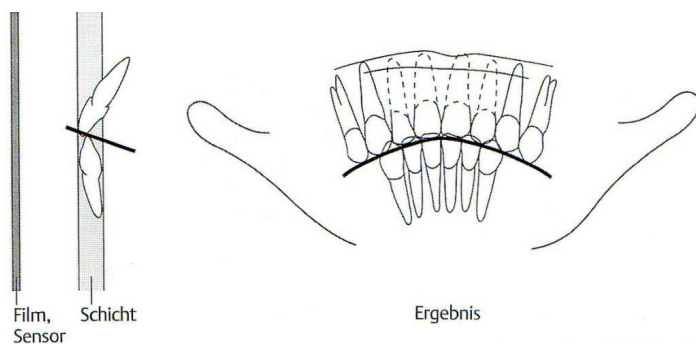


Abb. 1.10: Fehlpозиtionierung des Patienten mit Kippung der Kauebene nach hinten. Die Kauebene zeigt eine umgekehrte Krümmung, die Kiefergelenke sind seitlich wegprojiziert und die Wurzeln der Oberkieferzähne stehen vor der Schicht (PASLER 2008, S. 190).

Eine Drehung, sowie seitliche Kippung des Kopfes aus der medianen Ebene, ergibt eine Asymmetrie der Kieferhälften, Seitenzähne und der aufsteigenden Unterkieferhälften. Es ist eine vergrößerte und unscharfe Darstellung einer Kieferhälfte inkl. der Seitenzähne zu sehen. Die andere Kieferhälfte ist demzufolge verkleinert dargestellt. Die Achsen der Frontzähne verlaufen ungleich und der Abstand der Kiefergelenk-

fortsätze vom horizontalen Bildrand ist seitendifferent (RUDZIT 1992, PASLER 2008) (Abb. 1.11).

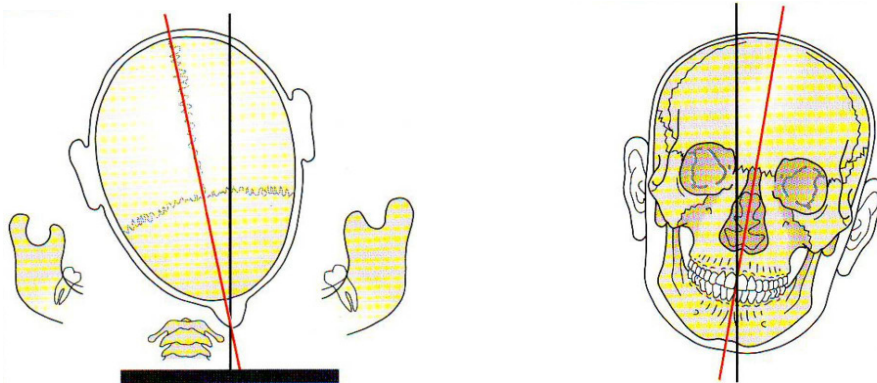


Abb. 1.11: Fehlpозиtionierung des Patientenkopfes in der Mediansagittalebene. Die schräg zur Senkrechten (**schwarz**) positionierte Mediansagittalebene (**rot**) kann in der Horizontalen oder in der Vertikalen verschoben sein. Die Kieferhälften werden asymmetrisch, mit seitlicher Abweichung der Halswirbelsäule von der Kiefermitte, abgebildet. Die Kiefergelenke weisen ungleiche Höhen auf (PASLER und VISSER 2003, S. 19).

Fehlt während der Exposition das Anlegen der Zunge an den Gaumen, führt dies zu einer Überstrahlung im Oberkieferbereich. Bei der Passage von Röntgenstrahlen durch luftthaltige Räume werden die Strahlen nicht geschwächt, überstrahlen die im Strahlengang befindlichen Strukturen, und löschen diese im Röntgenbild aus. Die Beurteilbarkeit der Zähne in dieser Region, sowie die Strukturen der Maxilla und Kieferhöhlen werden beeinträchtigt. Dieser Effekt, der auch als „Burn-out-Effekt“ bekannt ist, kann vermieden werden, wenn die Zunge vollständig dem Gaumendach angepresst wird und so als strahlenschwächender Filter benutzt wird (ROTTKE 1977, WANGERIN und LAMBRECHT 1984, PASLER und VISSER 2003, PASLER 2008) (Abb. 1.12).

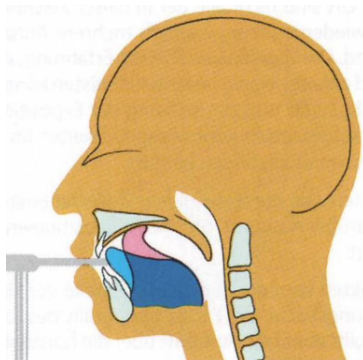


Abb. 1.12: Fehlerhafte Zungenposition bei der PSA. Wird die Zunge nicht dem Gaumen (**rot**), sondern nur den palatinalen Flächen der oberen Frontzähne angepresst (**blau**), entsteht zwischen Zungenrücken und Gaumendach ein luftthaltiger Raum, der die Röntgenstrahlen nicht schwächt und die Auslöschung der Strukturen des Oberkiefers bewirkt (PASLER und VISSER 2003, S. 17).

Eine weitere Fehlermöglichkeit liegt in der falschen Positionierung des Patienten in vertikaler Richtung. Dies führt zu einer entsprechenden Verschiebung des Bildes, wobei die Kiefergelenkfortsätze oder der Unterkieferrand in der Mitte außerhalb des Bildes liegen.

Eine Bewegung des Patienten während der Exposition führt zu einer Bewegungsunschärfe in dem betreffenden Bereich. Diese treten vor allem bei Kindern und Behinderten auf, die nicht in der Lage sind, über die lange Expositionszeit (ca. 12 s) in der unbequemen Stellung zu verbleiben. Dadurch entstehen Artefakte, die z.B. eine Fraktur vortäuschen können (JUNG 1973, SEIDEL 1974).

Auch für die Erstellung von PSA gilt der Grundsatz, dass vor der Exposition alle strahlendichten Fremdkörper, soweit möglich, aus dem durchstrahlten Bereich entfernt werden müssen. Insbesondere belassene metallische Gegenstände, z.B. Zahnprothesen, Ohrringe etc., können pathologische Befunde verdecken und durch eine störende imaginäre zweite Abbildung Fehldiagnosen verursachen (WANGERIN und LAMBRECHT 1984).

Weiterhin können bei der PSA Fehlbelichtungen auftreten, wenngleich die Fehlermöglichkeiten durch die Vorgabe fester Wertepaarungen der Röhrenspannung und des Röhrenstromes begrenzt sind. Die Belichtungsdaten müssen dem Objekt so angepasst werden, dass der belichtete Film eine Nettodichte von 1,0 aufweist (STENDER und STIEVE 1990). Nur dann ist gewährleistet, dass die optimale Kontrastauflösung des Filmes erreicht wird und die Aufnahme optimal beurteilbar ist (BROSE 1992).

Die Einstellung der Belichtungsdaten erfolgt bei den meisten Geräten frei, entsprechend der Konstitution des Patienten. Hierbei ergeben sich jedoch Fehlermöglichkeiten, da die physikalische Konstitution nicht exakt mit der Strahlenabsorption korreliert. So kann die Absorption bei kleinen und schlanken Personen durch eine kompakte Knochenstruktur hoch sein, während sie bei einem Korpulenten, z.B. in Folge einer Osteoporose, gering ist (ROTTKE 1987, RUDZIT 1992).

Weitere Fehler können bei der Filmverarbeitung entstehen. Die optimale Bildqualität setzt eine exakte Lagerung und Verarbeitung der Röntgenfilme voraus. Fehler dieser Art führen fast immer zu einer erheblichen Verminderung der Abbildungsqualität und nicht selten dazu, dass die Aufnahme nicht vollständig beurteilbar ist (BAYERTHAL 1980, SCHMITT 1984).

Häufiger Fehler ist hierbei eine falsche Lagerung der Filme, die zu einem erhöhten Grundscheier beiträgt. Weiterhin können verschmutzte oder abgenutzte Rollen des Entwicklungsautomaten zur Streifenbildung auf dem Film führen. Zusätzlich sind durch falsche Entwicklungstemperaturen Über- oder Unterbelichtungen möglich (BROSE 1992). Letztlich führt ein unvorsichtiges Hantieren mit der Filmpackung zu Fehlern, die als elektrostatische Entladungsblitze oder abgeknickte Filme erkennbar sind (PASLER 2008).

1.3.2 Die häufigsten Fehler auf Panoramaschichtaufnahmen

Im Laufe der letzten Jahrzehnte beschäftigten sich eine Reihe wissenschaftlicher Studien mit der qualitativen Auswertung von Panoramaschichtaufnahmen, wobei immer wieder die Einstellung des Patienten als eine der häufigsten Fehlerursachen benannt wurden (SCHIFF et al. 1986, CATELLI et al. 1987, SONNABEND et al. 1987, RAHN und JAKOBS 2004).

AKARSLAN et al. (2003) beurteilten in ihrer Untersuchung 460 Panoramaschichtaufnahmen hinsichtlich 20 Fehlerkategorien. Dabei fanden sie heraus, dass der häufigste Fehler mit 46,3% ein fehlendes Anlegen der Zungen an den Gaumen war, der als dunkler Schatten über den Oberkieferzähnen sichtbar war. Mit 26,3% zweithäufigster Fehler war die Überlagerung des Zungenbeins auf den Unterkiefer.

RUSHTON et al. (1999) bewerteten die Qualität von Panoramaschichtaufnahmen, die in normalen Zahnarztpraxen erstellt wurden. Insgesamt untersuchten sie 1813 Aufnahmen von 41 verschiedenen Zahnärzten hinsichtlich ihrer Fehler. Dabei unterschieden sie in Positionierungs- und Technikfehler. Der häufigste Positionierungsfehler war der fehlende Zungenkontakt am Gaumen (71,6%), gefolgt von der falschen anterior-posterioren Kopfpositionierung im Gerät (58,8%), sowie der falschen links/rechts Ausrichtung (35,4%). Die häufigsten technischen Fehler waren Bildartefakte (70,8%) sowie Streifenbildungen (41,5%) durch die Rollen der Entwicklungsmaschine.

SCHIFF et al. (1986) untersuchten 1000 in der Klinik angefertigte Panoramaschichtaufnahmen hinsichtlich unterschiedlicher Positionierungs- und Technikfehler. Dabei verglichen sie die Fehlerrate zwischen Aufnahmen, die durch MTRAs und durch anderes Personal (Zahnmedizinstudenten, Zahnarthelferinnen, etc.) erstellt wurden.

Der fehlende Zungenkontakt am Gaumen war in der MTRA-Gruppe mit 34,7% der häufigste Fehler, gefolgt von einem zu niedrig eingestellten Kinn (14,4%). In der Vergleichsgruppe war die zu niedrige Kinnposition am häufigsten (31,7%), gefolgt von der falschen Zungenposition (25,7%). In beiden Gruppen war die Unterbelichtung mit 7,3% und 2% der häufigste technische Fehler.

AL-FALEH (2005) untersuchte 500 Panoramaschichtaufnahmen von bezahnten erwachsenen Patienten, die in der Klinik von geschultem Fachpersonal erstellt wurden. Alle Aufnahmen wurden entsprechend sechs verschiedenen Positionierungsfehlern beurteilt. Der Autor fand ebenfalls, dass auf 81,8% der Röntgenbilder ein fehlender Zungen-Gaumen-Kontakt vorlag. Zweithäufigster Fehler war mit 17,2% ein zu niedrig im Gerät eingestellter Kopf.

BREZDEN und BROOKS (1987) untersuchten ebenfalls 500 Panoramaschichtaufnahmen von bezahnten und unbezahnten Klinikpatienten und beurteilten die Fehlerrate anhand von 15 Kategorien. Häufigster Fehler war die Wirbelsäulenüberlagerung auf die Frontzähne (52,6%), gefolgt von einem sichtbaren Luftschatten (47%) aufgrund des fehlenden Kontaktes der Zunge zum Gaumen. Dritthäufigster Fehler waren sichtbar verschwommene Frontzähne (45,4%).

KULLMAN und BOBBY (2006) untersuchten 199 digitale Panoramaschichtaufnahmen, die durch einen Zahnarzt an der Klinik erstellt wurden. Dabei beurteilten sie die Qualität der Bilder anhand von elf verschiedenen Positionierungsfehlern. Am häufigsten fand sich die Überlagerung der Zahnkronen (24%), gefolgt von unterbrochen sichtbaren Wurzeln oder Kronen der Oberkiefer- und Unterkieferzähne (16%), sowie einem fehlenden Zungenkontakt am Gaumen (16%) während der Exposition.

GLASS et al. (1994) untersuchten in der Klinik erstellte Panoramaschichtaufnahmen 75 zahnloser Patienten. Dabei wurde das Vorhandensein oder Fehlen von elf Positionierungs- bzw. Technikfehlern dokumentiert. Am häufigsten war das Kinn zu hoch eingestellt (41,3%), gefolgt von einer zu weit anterioren Kopfposition (34,7%) und einem fehlenden Anheben der Zunge (20%). Häufigste technische Fehler waren eine Unterbelichtung (24%), sowie eine falsche Beschriftung der Aufnahmen (12%). Insgesamt wird anhand der verschiedenen Studien deutlich, dass bei dieser Röntgenart eine Reihe von Fehlerquellen vorhanden ist. Allerdings wird immer wieder der fehlende Zungenkontakt zum Gaumen als der häufigste Positionierungs-

fehler benannt, gefolgt von einer exakten Einstellung des Kopfes in der Sagittal- und Vertikalebene.

1.3.3 Metrische Auswertung von Fehlern auf Panoramaschichtaufnahmen

Zur metrischen Auswertung von Positionierungsfehlern in der kieferchirurgischen Diagnostik wurden Panoramaschichtaufnahmen bisher nur von wenigen Autoren herangezogen, da sich Schwierigkeiten durch das spezielle Aufnahmeverfahren und die individuellen anatomischen Konstellationen ergaben.

Da in der Panoramaschichttechnik in horizontaler und vertikaler Richtung unterschiedliche Vergrößerungsfaktoren entstehen (WELANDER et al. 1987), ist die metrische Analyse erschwert.

MACHEMEHL (2003) versuchte, in ihrer Studie metrisch die Qualität einer Panoramaschichtaufnahme zu erfassen. Dafür wurden Strukturen gesucht, deren Darstellung sich in der Panoramaaufnahme veränderten. Dazu wurden der Kieferwinkel, der Interkondylarabstand und der Winkel der Okklusionsebene in 210 PSA ausgemessen. Es wurden im Stehen (n=466) und Sitzen (n=319) angefertigte Aufnahmen untersucht, um einen möglichen Unterschied in der Häufigkeit fehlerhafter Positionierungen zu ermitteln.

Auch die Arbeit von WINDISCH (1997) versuchte, mittels metrischer und visueller Analyse von Panoramaschichtaufnahmen, verschiedene Patientenfehleinrichtungen am Röntgengerät zu identifizieren. Um die visuellen Beurteilungsergebnisse zu objektivieren, und zwischen einzelnen Schweregraden der Fehlpositionierung zu differenzieren, wurden in 186 PSA korrespondierende paarige anatomische Strecken vermessen und Differenzen gebildet. Das kombinierte metrische und visuelle Bildanalyseverfahren eignet sich zur Identifikation derjenigen Fehleinrichtungen, die eine Orientierungsänderung der Mediansagittalebene des Schädels im Raum bewirken. Entsprechend resultiert eine seitenungleiche und somit mittels metrischer Methode wahrnehmbare Beeinflussung der Lage und Länge der betrachteten anatomischen Strukturen.

BEHFAR (2005) versuchte, mittels metrischer Analyse Fehlpositionierungen des Patienten im PSA-Gerät zu untersuchen, und die dadurch bedingte Verzerrung im Bereich der aufsteigenden Äste und Seitenzähne zu erfassen. Dazu wurden ein

mazerierter Schädel verwendet und 330 Aufnahmen in definierten Fehlpositionierungen erstellt. Dabei wurden die Verzerrungen vertikaler Distanzen durch asymmetrische Fehlpositionierungen des Schädels (Lateralverschiebung des Schädels, Rotation des Schädels um die kranio-kaudale bzw. dorso-ventrale Achse) am stärksten beeinflusst. Bei Messserien kombinierter Fehleinstellungen war die gleichzeitige Rotation des Schädels um die dorso-ventrale und die kranio-kaudale Achse jeweils zur gleichen Seite die ungünstigste.

PASLER und VISSER (2001) zeigten in ihrem Beitrag eine Methode zur Qualitätssicherung bei Panoramaschichtaufnahmen. Um die Beurteilung der erreichten Bildqualität im Routinebetrieb zu vereinfachen, stellten sie ein System von vermessbaren Messlinien und Messpunkten vor, mit dessen Hilfe messbar das Ausmaß einer asymmetrischen Positionierung erfasst werden kann.

1.4 Das Zungenrepositionsmanöver

Die Zungenlage hat zweifelsohne einen erheblichen Einfluss auf die Funktion des Atemweges sowie eine entscheidende Bedeutung für die Diagnostik und Therapie der Rhonchopathie und der obstruktiven Schlafapnoe (OSA).

So wurden bereits von KÖRBITZ (1914) ohne Einsatz aufwändiger Messverfahren, allein auf der Basis von Selbstbeobachtungen, präzise Vorstellungen von der Zungenlage während der Ruhe in der Mundhöhle entwickelt. Er stellte folgendes fest: „1. Schließt man den Mund langsam bis zur Berührung der Lippen und bringt ohne zu schlucken die Zähne zur natürlichen Okklusion, hält den geschaffenen Zustand einige Zeit aufrecht, stellt sich kein Gefühl der Ruhe ein, im Gegenteil, werden Kontraktionen der Kaumuskulatur nötig und es besteht das Bedürfnis zu schlucken. 2. Schließt man den Mund wie vorher, jedoch in Verbindung mit einem energischen Schluckakt, so stellt sich nach Erschlaffung der Muskulatur ein Gefühl behaglicher Mundruhe ein; man merkt bald, dass die Zähne nicht mehr fest aufeinander liegen und hat das Gefühl, dass die Zunge ihrer Umgebung überall fest anliegt. 3. Löst man die Lippen von einander und senkt den Unterkiefer, so haftet die Zunge fest am harten und weichen Gaumen.“(KÖRBITZ 1914, S. 23-24).

Beim Körbitz-Manöver wird durch den Schluckakt die Zunge reflektorisch in Kontakt mit dem Gaumen gebracht, Lippenschluss und velolinguale Verschluss spielen bei der Aufrechterhaltung dieser Position eine erhebliche Rolle.

Ähnliche Beobachtungen sind auch von NOLTEMEIER (1949) beschrieben und grafisch als so genannte Saugräume dargestellt worden (Abb. 1.13)

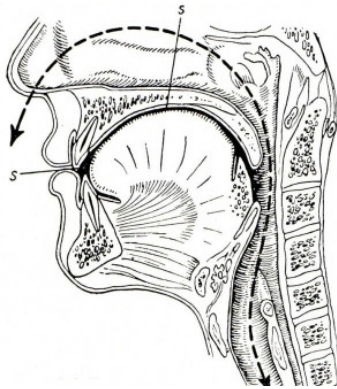


Abb. 1.13: Zungenposition nach dem Schlucken. Zunge und Unterkiefer sind angezogen, also durch atmosphärischen Druck getragen. Die Zunge liegt dabei dem Gaumen an. Die Saugräume (S) mit negativem Luftdruck sind dunkel gekennzeichnet. (NOLTEMEIER 1949, S. 44)

ECKERT-MÖBIUS (1953) dokumentierte die von KÖRBITZ (1914) beschriebenen Selbstversuche mit Hilfe lateraler Kontraströntgenaufnahmen. Der Autor zeigte erstmalig röntgenologisch eine Zungenanlagerung an den Gaumen nach dem Schluckakt.

Dass die von KÖRBITZ (1914) durchgeführten Selbstversuche auch mit weiteren objektiven Messverfahren nachvollziehbar sind, konnte durch neuere Untersuchungen gezeigt werden. So konnten WEIN et al. (1988), sowie PENG et al. (2007) ultrasonographisch die Anlagerung der kompletten Zunge an den harten Gaumen nach abgelaufenem Schluckakt darstellen. ENGELKE et al. (1995) konnten mit Hilfe der elektromagnetischen Artikulographie die Koordination von Gaumensegelbewegungen und Zungenrücken darstellen. Auch diese Untersuchungen zeigten nach dem Schluckvorgang eine Zungen-Gaumen-Kontaktposition wechselnder Dauer, die mit einer antero-kaudalen Gaumensegelposition einhergeht.

Die Beobachtung orofazialer Funktionen mit Hilfe der orofazialen Polysensographie von ENGELKE und HOCH (1999) ergaben ebenfalls Hinweise darauf, dass der Schluckvorgang mit einer zum Gaumen gerichteten Bewegung der Zunge und

Einnahme einer kranialen Position der Zunge vereinbar mit dem Körbitz-Manöver einhergeht.

FRÄNKEL (1967) beschrieb die Verhältnisse der Zungenruhelage bei vollständigem äußeren und inneren Mundschluss und hielt den Verschluss der Mundhöhle durch die Zunge für die bei weitem zuverlässigste Sicherung der Nasenatmung. Der Autor berichtete dabei über die Dynamik des interokklusalen Unterdrucks und beschrieb folgenden Versuch: „...wenn Lippen, Wangen und Zunge durch Kunststoffschilder, die dem dentoalveolären Bogen von innen und außen anlagen, an einer interokklusalen Einlagerung gehindert wurden, war es den Probanden nach Lippenchluss und Schluckakt auch unter großer Kraftanstrengung nicht möglich, den Unterkiefer in die Ruheschwebe abzusenken.“ (FRÄNKEL 1967, S. 1282).

Mit diesem Versuch bewies FRÄNKEL (1967) einen auf rein physikalischen Phänomenen (Unterdruck in der Mundhöhle) beruhenden Ventilmechanismus analog der Haftung einer Oberkieferprothese, der zu seiner Aufrechterhaltung keine kontinuierliche muskuläre Aktivität erfordert und interpretierte dies als Ausdruck eines starken Unterdruckes im interokklusalen Raum. THÜER et al. (1999) bestätigten in ihrer Untersuchung die Existenz eines Unterdruckes im Bereich des Gaumendaches. Das Fränkel-Manöver erlaubte allerdings keine sichere Kontrolle der richtigen Durchführung, da die Aufforderung zur Mundöffnung eine objektive Auswertung kaum zuließ.

Für die diagnostische Routine ist es somit wünschenswert, ein Verfahren verfügbar zu machen, mit dem der Patient sicher und ohne größeren apparativen Aufwand instruiert werden kann, eine Zungenlage in flächenhaften Kontakt mit dem Gaumen einzunehmen, und mit dem gleichzeitig die Einnahme dieser Position angezeigt werden kann.

Verbindet man nun den interokklusalen Raum nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren auf einfache Weise mit dem extraoralen Raum, z.B. mit Hilfe eines Trichters, dessen Spitze zur Zahnreihe, und dessen Öffnung nach extraoral zeigt, so kann mit Hilfe einer über die Öffnung des Trichters gespannten Membran der aktuelle interokklusale Druck extraoral angezeigt werden. Versieht man den Trichter mit einer Vorhofplatte, so entsteht eine Membrantrichterplatte (ENGELKE 2003) (Abb. 1.14).



Abb. 1.14: Membrantrichterplatte. Der Membrantrichter erlaubt die Beobachtung von Druckschwankungen im interokklusalen Raum. Die Ausformung als Mundvorhofplatte ist fakultativ.

Dieses Gerät lässt sich in einfacher Weise mit den Lippen verschlossen halten und erlaubt die objektive Anzeige von Druckschwankungen in der Mundhöhle während der Respiration, ebenso wie während des Fränkel-Manövers (Abb. 1.15). Durch die Beobachtung des interokklusalen Druckes während der Durchführung kann die Erzielung eines Unterdruckes kontrolliert und somit indirekt eine Aussage zur Zungenlage am Gaumen getroffen werden. ENGELKE (2003) beschreibt dies 2003 als Zungenrepositionsmanöver.

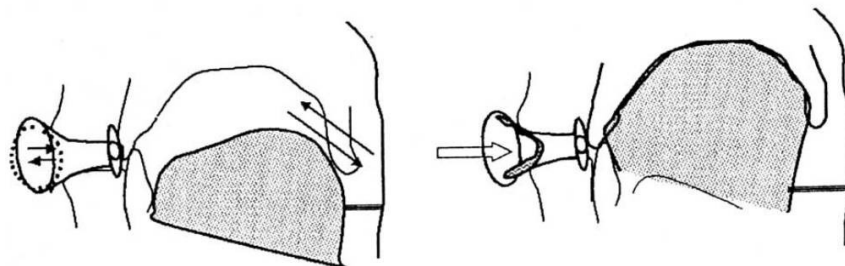


Abb. 1.15: Druckkontrolliertes Zungenrepositionsmanöver. **Links:** Situation bei geöffnetem Mund. Bestehender Druckausgleich zwischen Pharynx und Mundhöhle, die Zunge in inferior-posteriorer Position. **Rechts:** Zunge in unmittelbarem Kontakt mit dem Gaumendach, Zahnreihe und Velum. Die Mundhöhle entspricht einem geschlossenen System, die Zunge wird ohne muskuläre Aktivität am Gaumen reponiert gehalten. Die Membran zeigt den interokklusalen Unterdruck an (ENGELKE 2004, S. 8).

Bei der routinemäßigen Anwendung des ZRM ergab sich zusätzlich ein interessanter Nebenfund, der aus den Arbeiten von ECKERT-MÖBIUS (1953) und FRÄNKEL (1967) nicht hervorgeht. ENGELKE (2003) beobachtete, dass aus dem druckkontrollierten ZRM oftmals eine Erweiterung des Pharynxraumes resultiert. Diese Erweiterung fällt individuell unterschiedlich aus und ist durch eine Volumenverschiebung der Zunge aus dem Pharynxraum in die Mundhöhle zu erklären (ENGELKE

2003). Diese Pharynxerweiterung beim ZRM konnte radiologisch und endoskopisch bestätigt werden (ENGELKE et al. 2006); somit ergibt sich aus den von KÖRBITZ (1914), NOLTEMEIER (1949), ECKERT-MÖBIUS (1953) und FRÄNKEL (1967) beschriebenen Maßnahmen zur Orientierung der Zunge in der Mundhöhle aus heutiger Sicht eine neue Bedeutung als Maßnahme zur Erzielung einer funktionellen Weitstellung des Pharynx auf der Basis einer definierten gaumenkongruenten Zungenposition („Zungenparkposition“) beim ZRM (ENGELKE 2004).

Dieses Phänomen hat damit eine erhebliche Bedeutung für die Anwendung im Rahmen der Rhonchopathie, sowohl als diagnostisches Verfahren als auch im Sinne einer funktionellen Therapie, da auf diese Weise ein objektiv kontrollierbares Erlernen einer geschlossenen Ruhelage mit Anlagerung der Zunge an den harten Gaumen und die kontrollierte Bildung des velolingualen Verschlusses ermöglicht wird.

1.5 Fragestellungen und Ziele der vorliegenden Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, am Beispiel der Untersuchungsklientel des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitätsmedizin Göttingen in einer Querschnittsstudie die routinemäßig angefertigten Panoramaschichtaufnahmen hinsichtlich der Zungenlage der Patienten während der Aufnahme zu untersuchen. Dabei wurden Schlüsselparameter entnommen, aufgrund derer die Wahrscheinlichkeit einer Zungenfehlpositionierung abgeleitet werden konnte.

Anhand metrischer und visueller Auswertungen der PSA sollten folgende drei Teilfragestellungen beantwortet werden:

1. Ist durch das Zungenrepositionsmanöver eine Verhinderung der Zungenfehlage im Panoramaschichtverfahren möglich?
2. Treten eventuell andere Fehler durch das Zungenrepositionsmanöver auf, die eine Verschlechterung der Bildqualität zur Folge haben könnten?
3. Ist durch dadurch eine Qualitätsverbesserung der Panoramaschichtaufnahme erreichbar?

2. MATERIAL UND METHODE

2.1 Patientenkollektiv

Für die vorliegende Studie wurden aus dem Patientengut des Göttinger Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde konsekutiv 300 Patienten ausgewählt, bei denen in den Jahren 2007 bis 2008 routinemäßig bei der Erstvorstellung eine Panoramaschichtaufnahme angefertigt wurde. Einhundertfünfzig dieser Patienten erhielten zusätzlich vorab eine Membrantrichterplatte zur objektiven Kontrolle der vorgeschriebenen Lage der Zunge am Gaumen. Somit ergaben sich zwei Patientengruppen zu je 150 Patienten, die im Weiteren als „MTP-Gruppe“ und als „Kontroll-Gruppe“ bezeichnet werden.

Die Alter- und Geschlechtsverteilung beider Patientenkollektive ist in Abbildung 2.1 und 2.2 zusammengefasst. In der MTP-Gruppe erstreckte sie sich die Altersspanne von 10-83 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 36,8 Jahren. Dabei waren von 150 Patienten 77 Frauen und 73 Männer. In der Kontroll-Gruppe erstreckte sich die Altersspanne ebenfalls von 10-83 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 42,4 Jahren. Dabei waren von 150 Patienten ebenfalls 77 Frauen und 73 Männer.

Die Anzahl weiblicher und männlicher Patienten ist in beiden Patientengruppen identisch. Es zeigte sich jeweils ein leicht aber nicht signifikant höherer Anteil des weiblichen Geschlechts.

In die Untersuchung aufgenommen wurden alle Panoramaschichtaufnahmen von Patienten mit Gebissen der 2. Dentition, einschließlich zahnloser Patienten.

Ausschlusskriterien waren eine erkennbare mangelnde Kooperationsbereitschaft gegenüber der MTP, sowie eine geistige oder körperliche Behinderung.

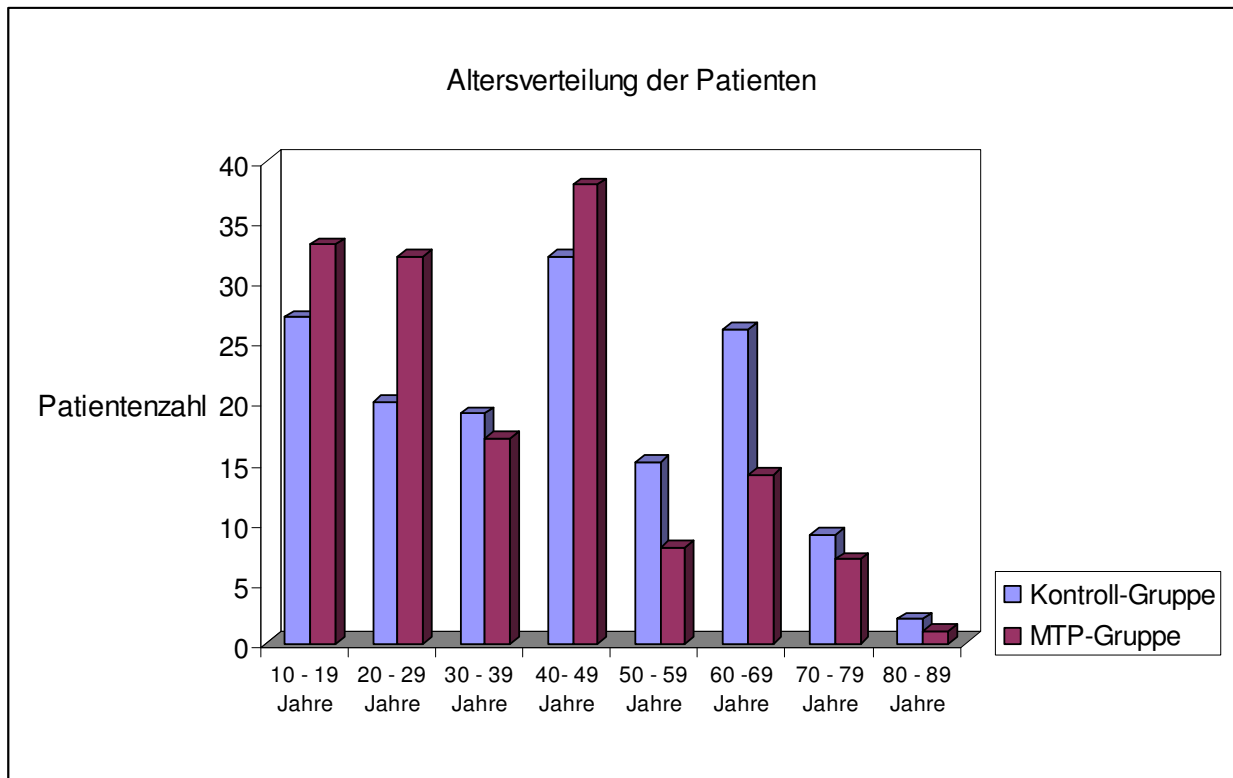


Abb. 2.1: Altersverteilung der MTP-Gruppe (n=150) und Kontroll-Gruppe (n=150).

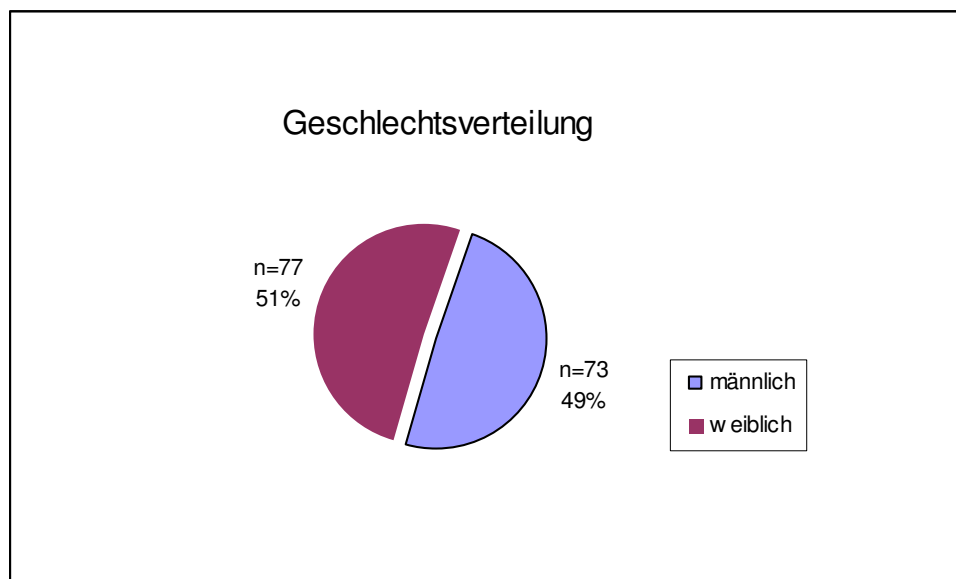


Abb. 2.2: Geschlechtsverteilung der beiden Patientengruppen (n=300). Die Verteilung war in beiden Gruppen identisch.

2.2 Membrantrichterplatte

Zur Durchführung des Zungenrepositionsmanövers wird das Anzeigerät (Membrantrichterplatte, MTP) verwendet. Die MTP besteht aus einer thermoplastischen Mundvorhofplatte (BIOPLAST, Fa. Scheu-Dental, Iserlohn) zur individuellen Anpassung und endet beidseitig im Seitenzahnbereich. In der Mitte der MTP ist ein Trichter integriert. Die äußere Öffnung des Trichters ist mit einer Einmal-Latexmembran bedeckt. Die innere Öffnung des Trichters ist direkt zum Zahnbogen gerichtet und steht folglich mit dem interokklusalen Raum in Verbindung. Ober- und Unterlippe liegen dem Trichter fest an und bilden einen ventilartigen Verschluss.

Es wurden zwei Arten von Membrantrichterplatten verwendet. Abbildung 2.3 zeigt die MTP für zahnlose Patienten und bezahnte Patienten, die mit Kinnschale geröntgt wurden (ENGELKE et al. 2006).

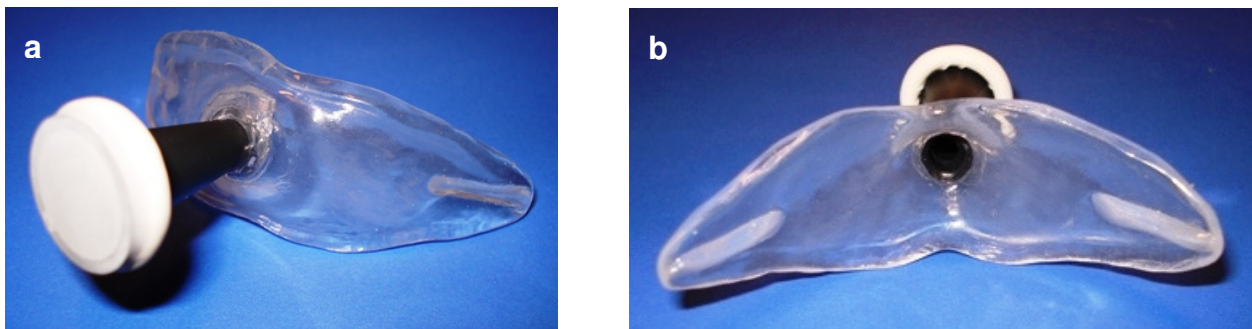


Abb. 2.3: Membrantrichterplatte: Membrantrichter mit Vorhofplatte. (a) Frontansicht mit Membrantrichter, (b) Orale Ansicht mit Öffnung zur Mundhöhle.

Abbildung 2.4 zeigt die MTP für bezahnte Patienten, die mittels Aufbissblock geröntgt wurden. Diese MTP wurde zusätzlich mit einer Perforation für den Aufbissblock versehen.

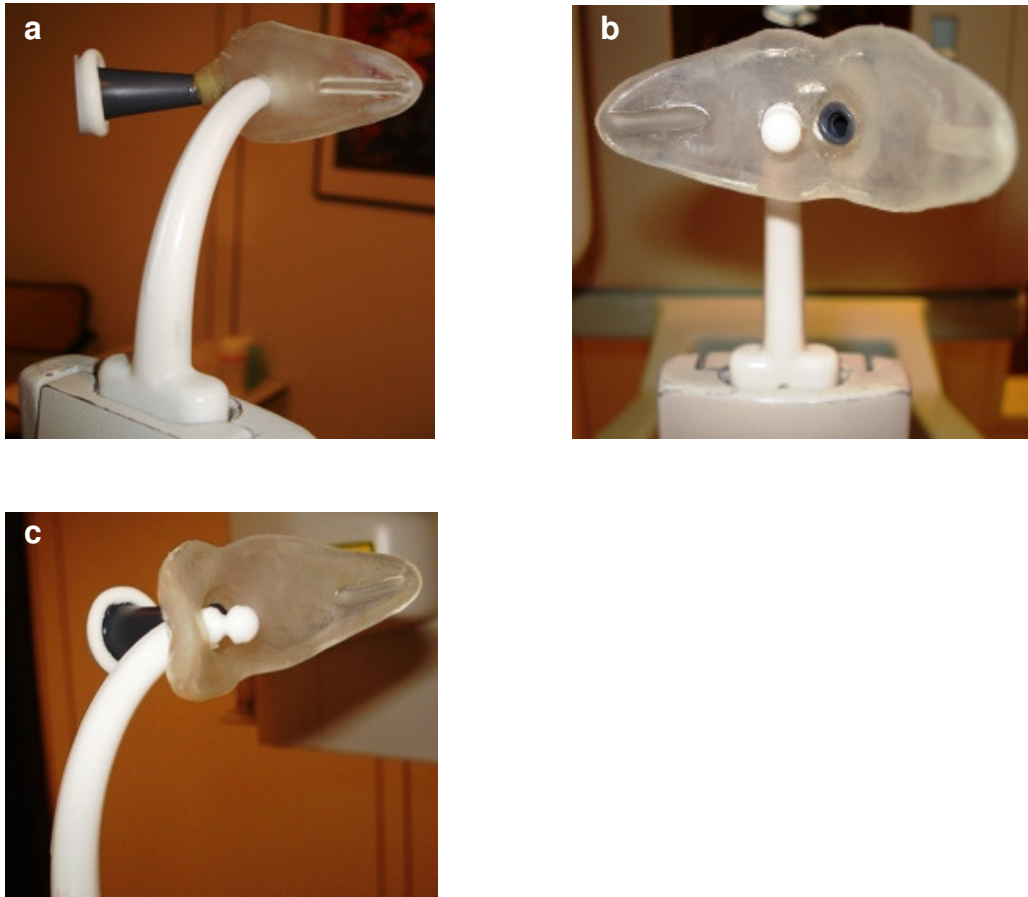


Abb. 2.4: Membrantrichterplatte: Membrantrichter mit Vorhofplatte und Aufbissblock. (a) Frontansicht mit Membrantrichter und Aufbissblock, (b) Orale Ansicht mit Öffnung zu Mundhöhle, (c) Seitliche Ansicht mit Kerbe des Aufbissblockes.

2.2.1 Beurteilung des negativen interokklusalen Drucks

Anhand der elastischen Latexmembran können die Druckveränderungen im interokklusalen Raum dargestellt werden. Diese resultieren dann in unterschiedlichen Membranbewegungen: nach außen gerichtete Bewegung zeigt einen positiven Druck an, nach innen gerichtete Bewegung zeigt einen negativen interokklusalen Druck an. Die maximale Einwärtsbewegung der Membran wurde als klinisches Kriterium für eine ausreichende Bildung des n-IOD (größer als 150 mbar) herangezogen (ENGELKE et al

2006). Abbildungen 2.5 und 2.6 zeigen die objektive Druckkontrolle für die jeweils verwendete Membrantrichterplatte.

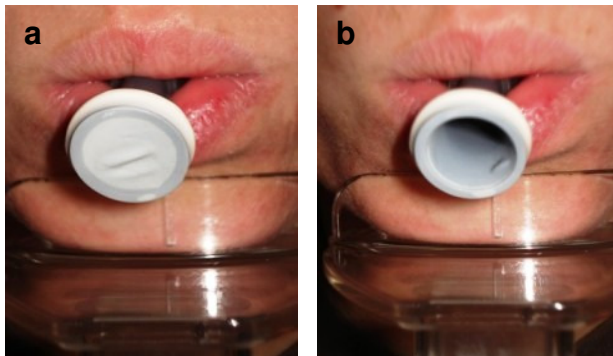


Abb. 2.5: Druckkontrolle während des ZRM bei Patienten mit Kinnschale. (a) Membranposition bei atmosphärischem interokklusalem Druck, (b) Membranposition bei stark negativem interokklusalem Druck (größer 150 mbar).

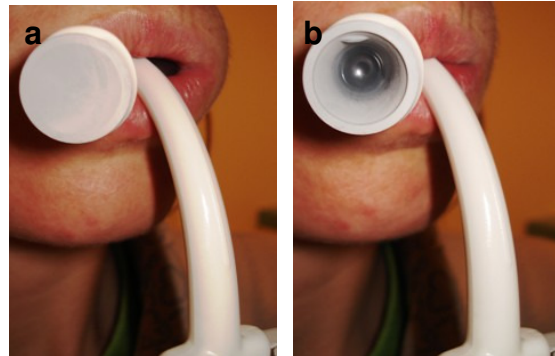


Abb. 2.6: Druckkontrolle während des ZRM bei Patienten mit Aufbissblock. (a) Membranposition bei atmosphärischem interokklusalem Druck. (b) Membranposition bei stark negativem interokklusalem Druck (größer 150 mbar).

2.2 Durchführung der Untersuchung am Röntgengerät

Alle Panoramaschichtaufnahmen wurden mit standardisierter Einstell- und Aufnahmetechnik von ausgebildeten Röntgenassistentinnen der Universitätsmedizin Göttingen erstellt, die im Umgang mit den Röntgengeräten über mehrjährige Erfahrung verfügen.

2.3.1 Aufnahmevorbereitung

Jeder Patient bekam eine kurze informative Einweisung in den Ablauf der Untersuchung. Dem Patienten wurde vorher erklärt, was bei der Aufnahme selbst geschieht. Eventuell aufkommende Ängste und folglich unruhiges Verweilen während der Aufnahme wurden damit minimiert. Schmuck, Brillen und andere Gegenstände, die Metalle enthielten und auf dem Röntgenfilm abgebildet werden konnten, mussten entfernt werden. Das gleiche galt für Prothesen.

Den Patienten ohne MTP wurden die korrekte Zungenhaltung während der Aufnahme erklärt. Wird die Zunge nicht dem Gaumen, sondern allenfalls nur den palatinalen Flächen der oberen Frontzähne angepresst, so entsteht zwischen Zungenrücken und Gaumendach ein lufthaltiger Raum, der die Röntgenstrahlen nicht schwächt und die

Auslöschung der Strukturen des Oberkiefers bewirkt (PASLER und VISSER 2003). Der Patient wurde daher aufgefordert, den oberen Mundhöhlenbereich durch dichte Anlagerung der Zunge an den Gaumen und die Rückfläche der Inzisivi auszufüllen.

Den Patienten mit MTP wurde die korrekte Ausführung des Zungenrepositionsmanövers erklärt. Jeder Patient setzte selbständig die MTP in den Mundvorhof ein. Bei den bezahnten Patienten wurde zusätzlich darauf geachtet, dass Ober- und Unterkieferfrontzähne in der Kerbe des Aufbissblockes standen. Der Patient wurde aufgefordert, seine Lippen zu schließen und bekam folgende Anweisung: „Speichel sammeln, kräftig schlucken und anschließend nasal ganz ruhig atmen. Dabei erzeugen Sie einen Unterdruck.“ Daraufhin soll die Zunge ohne Muskelanstrengung vollständig am Gaumendach liegen. Die Ausführung des Manövers wurde je nach Verständnis mehrfach geübt, um damit während der Aufnahme die korrekte Durchführung zu garantieren.

Zum Schutz wurde jedem Patienten die Strahlenschutzschürze angelegt. Beim Anlegen wurde darauf geachtet, dass kein Teil der Schürze in den Strahlungsbereich hineinragt.

2.3.2 Einstelltechnik

Um eine optimale und nahezu standardisierte Aufnahme zu erreichen, mussten die Patienten nach gewissen Kriterien im Gerät positioniert werden. Die Einstellung erfolgte bei beiden Patientengruppen nach den gleichen Kriterien.

Die Grundpositionierung des Patienten ist meist überwiegend gleich mit einer leichten Schrägstellung der Wirbelsäule nach hinten, damit sich die Halswirbel in einer gestreckten Lage befinden. Die Höheneinstellung des Gerätes für die Anpassung an die Körpergröße zur richtigen Kopflagerung war individuell erforderlich. Bezahnte Patienten bissen mit den Frontzähnen in die definierte Kerbe des Aufbissblockes. Unbezahnte Patienten wurden über die Kinnstütze im Gerät positioniert. Damit wurde die Fixierung der Kiefer gewährleistet.

Danach wurden über die drei Laser-Lichtvisiere die Medianebene, die Frankfurter Horizontale und die obere Eckzahnlinie am speziellen Aufbissstück die richtige Schichtlage für den Kiefer eingestellt (Abb. 2.7).

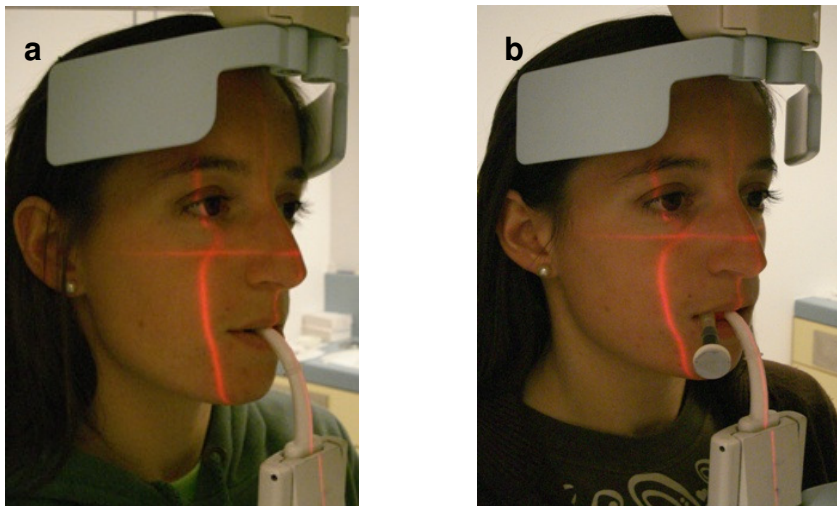


Abb. 2.7: Positionierung des Patienten im Röntgengerät: (a) bezahnter Patient ohne MTP, (b) bezahnter Patient mit MTP.

Bei unbezahnten Patienten wurde die Nasolabialfalte anstatt der oberen Eckzahnlinie gewählt (Abb. 2.8).

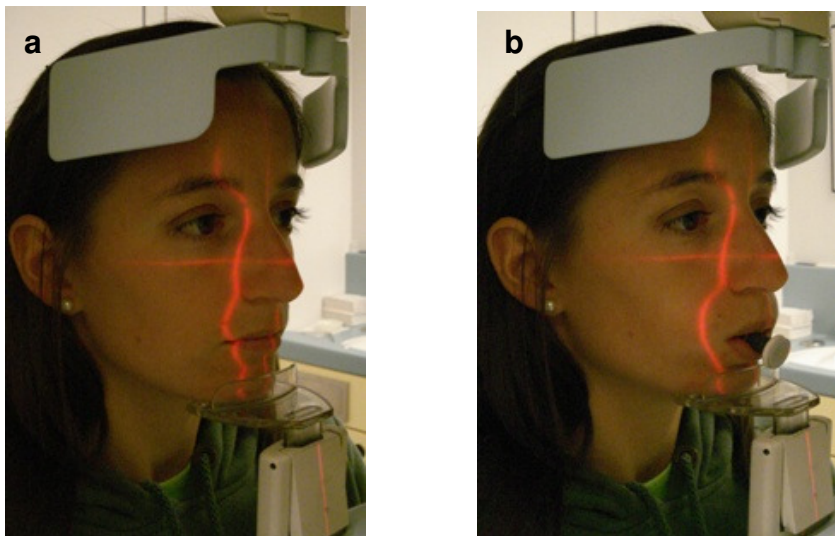


Abb. 2.8: Positionierung des Patienten im Röntgengerät: (a) unbezahnter Patient ohne MTP, (b) unbezahnter Patient mit MTP.

Die Lichtlinien, die auf Mittel- und Eckzahnlinien bzw. Nasolabialfalte eingestellt wurden, dienten zur Vermeidung von Drehungen des Kopfes aus der Medianebene. Die Neigung des Kopfes wurde anhand der FHE überprüft, die durch den tiefsten Punkt des Orbitarandes und den oberen Rand des Porus acusticus externus verläuft und parallel zur Boden-Grundebene des Raumes ausgerichtet wurde. In dieser Position

wurde der Kopf des Patienten mittels der Stirnstütze fixiert. Nach der Ansage „Bitte nicht bewegen und weiter atmen“ wurde der Auslöser betätigt.

2.3.3 Aufnahmetechnik

Die Panoramaschichtaufnahmen wurden mit dem Orthoralix 9200 (Fa. GENDEX, Hamburg, Deutschland) bei 72-78 KV und 6-8 mA mit einer Aufnahmedauer von 12 s durchgeführt. Als Filmmaterial wurde der Kodak T-Mat G/RA Dental Film mit dem Format 15x30 cm für den GENDEX Orthoralix 9200 benutzt. Die Filmkassetten waren mit Verstärkerfolien vom Typ Kodak Lanex regular screens bestückt.

Entwickelt wurden die Panoramaschichtaufnahmen mit dem Entwickler 3 M XP 505. Somit ist durch das optische Positionierungssystem mit den drei Laser-Lichtvisieren und automatisch vorgegebene Belichtungsparameter eine relativ konstante Bildqualität gegeben. Die automatische Entwicklung der Bilder trug ebenfalls zur Standardisierung der Röntgenaufnahmen bei.

2.3 Röntgenbildauswertung

Alle erhobene Messdaten und visuelle Beurteilungen wurden in einem speziell dafür gestalteten Protokollbogen dokumentiert (s. Anhang). Da eine unabhängige Beurteilung der 300 Röntgenbilder erfolgen sollte, wurden diese anonymisiert, randomisiert ausgewählt und ausgewertet.

Die Auswertung sämtlicher Aufnahmen erfolgte mit Hilfe eines Röntgenbild-Betrachters "MAIER DSK 15x30" (Fa. MAIER, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland) und einer Röntgenbildlupe mit 2,5 facher Vergrößerung (X-PRODUKTER, Malmö, Schweden).

Sämtliche Messungen wurden mit Hilfe eines Centro Geometrie Geodreiecks (Rotring, Hamburg) und einer Klarsichtfolie mit schwarzem Millimeter-Messraster (17x27 cm) mit 1 cm und 5 mm Einteilung vermessen.

Alle Messungen und visuelle Beurteilungen wurden von einer Person vorgenommen, so dass die Ergebnisse aus den beiden unterschiedlichen Patientengruppen gut miteinander verglichen werden konnten. Die Messung wurde mit einer 0,5 mm Ablesegenauigkeit auf dem Röntgenbetrachter durchgeführt. Der durchschnittliche Vergrößerungsgrad von 25% für die PSA wurde nicht berücksichtigt.

2.4.1 Vermessung anatomischer Strukturen auf den Panoramaschichtaufnahmen

In der Abbildung 2.9 wird die Lage der in der vorliegenden Arbeit untersuchten anatomischen Strukturen auf einer orthograden Panoramaschichtaufnahme dargestellt.

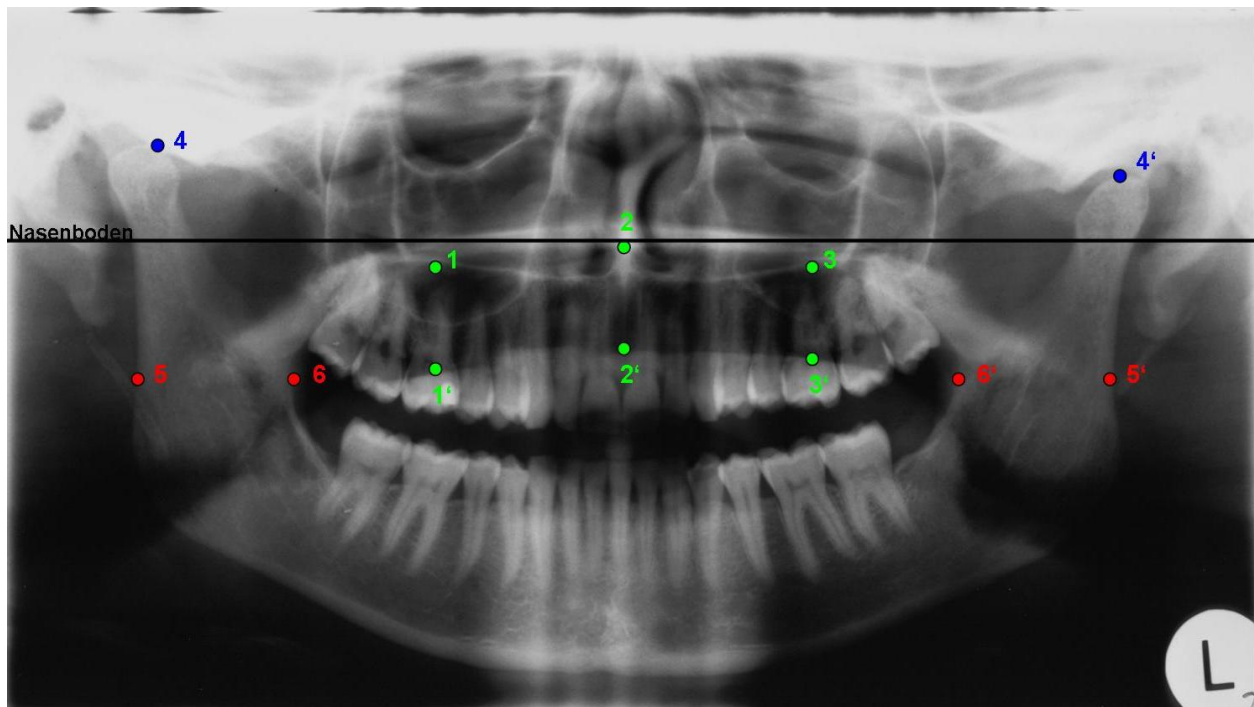


Abb. 2.9: Orthograde Panoramaschichtaufnahme inkl. Darstellung der anatomischen Strukturen:

- 1+1': Gaumendach und Zungenrücken in Regio 16
- 2+2': Gaumendach und Zungenrücken in der Mediansagittalebene
- 3+3': Gaumendach und Zungenrücken in Regio 26
- 4+4': rechtes und linkes Kiefergelenkköpfchen
- 5+5': rechte und linke Außenkontur des Ramus mandibulae
- 6+6': rechte und linke Innenkontur des Ramus mandibulae

2.4.1.1 Messstrecken

Die Abbildung 2.10 zeigt den Verlauf der anatomischen Messstrecken auf einer orthograden Panoramaschichtaufnahme.

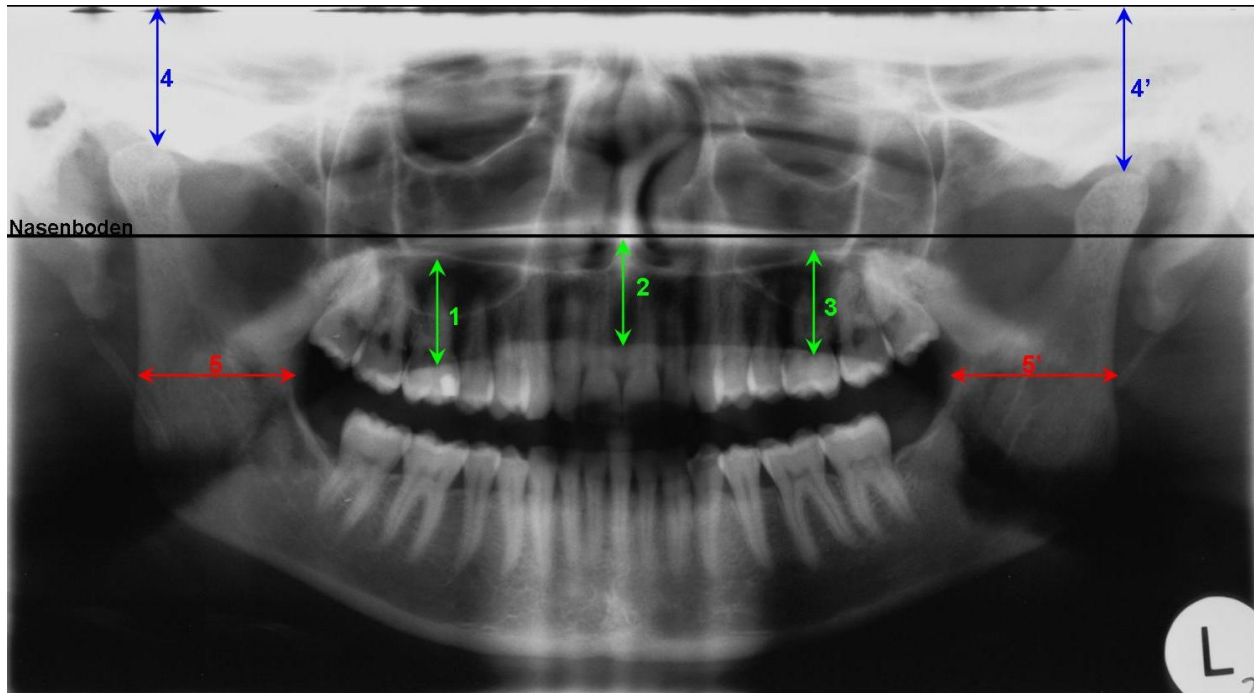


Abb. 2.10: Orthograde Panoramaschichtaufnahme inkl. Messstrecken:

- 1: Abstand zwischen Zungenrücken und Gaumendach in Regio 16
- 2: Abstand zwischen Zungenrücken und Gaumendach in der Mediansagittalebene
- 3: Abstand zwischen Zungenrücken und Gaumendach in Regio 26
- 4+4': rechter und linker Abstand der Tangente des am weitesten kranial gelegenen Punktes der Kiefergelenkkonturen zum Oberrand der Panoramaschichtaufnahme
- 5+5': rechte und linke Breite der Rami ascendentes an der schmalsten Stelle

2.4.1.2 Vorgehen bei der Messung

Die Vermessung am bezahnten und unbezahnten Gebiss erfolgte immer unter Bezugnahme zum Nasenboden, der als Referenzlinie diente (Abb. 2.9 und 2.10).

Alle Vermessungen erfolgten für beide Gruppen innerhalb der einzelnen Panoramaschichtaufnahmen.

Bei den symmetrisch angelegten anatomischen Strukturen wurde jeweils sowohl die Struktur der rechten (R) als auch der linken (L) Gesichtsschädelhälfte vermessen. Eine

Ausnahme stellte die Vermessung der Höhe des Zungenschattens dar. Sie erfolgte bei bezahnten Patienten im 1. Quadranten in Regio 16, im 2. Quadranten in Regio 26 sowie zusätzlich median-sagittal. Bei unbezahnten Patienten oder in dieser Regio fehlenden Zähnen diente in beiden Quadranten der tiefste Punkt der Kieferhöhle als Bezug.

Die Vermessung der Höhe des Zungenschattens erfolgte immer im rechten Winkel zum Nasenboden. Die Vermessung des Abstandes der Tangente an den am weitesten kranial gelegenen Punkt der Kiefergelenkkonturen erfolgte beidseitig im rechten Winkel zum Oberrand der Panoramaschichtaufnahme. Die Vermessung der Breite der Rami ascendentes an deren schmalster Stelle erfolgte immer symmetrisch auf gleicher Höhe parallel zum Nasenboden.

Zum Vergleich der symmetrisch angelegten anatomischen Strukturen wurden anhand der gemessenen Werte jeder Panoramaschichtaufnahme folgende Differenzen berechnet:

1. Lage der Kiefergelenke im Seitenvergleich: Abstand der Tangente an dem am weitesten kranial gelegenen Punkt der rechten Kiefergelenkkontur zum Oberrand der PSA minus Abstand der Tangente an den am weitesten kranial gelegenen Punkt der linken Kiefergelenkkontur zum Oberrand der PSA.
2. Breite der Rami ascendentes im Seitenvergleich: Breite des rechten Ramus ascendens an dessen schmalster Stelle minus Breite des linken Ramus ascendens an dessen schmalster Stelle.

Einzelne Regionen blieben bei der Auswertung unberücksichtigt, wenn aufgrund von anatomischen Gegebenheiten (z.B. Kieferrekonstruktion nach Tumoroperation) oder Patientenfehlpositionierungen (z.B. fehlerhafte Einstellung der Kopfhöhe im Gerät und dem Fehlen der Kondylen) eine genaue Abgrenzung der anatomischen Strukturen nicht möglich war.

Die Anzahl der Messungen an den einzelnen Messstrecken liegt aus diesem Grunde insbesondere bei der Abstandsmessung Kiefergelenkkontur zum Oberrand der PSA unter der der insgesamt 300 ausgewerteten PSA.

2.4.2 Visuelle Beurteilung der Panoramaschichtaufnahmen

Nach der Ermittlung der Messdaten wurde jede Panoramaschichtaufnahme visuell beurteilt. Als Grundlage diente ein Protokollbogen (s. Anhang), auf dem einzelne Fehler aufgelistet waren, und der es erlaubte, die Fehleinstellung jeder einzelnen Aufnahme festzustellen. Die Fehlerliste des Protokollbogens resultierte aus den Ergebnissen der Studie von AKARSLAN et al. (2003), und beschreibt die 20 Kategorien der häufigsten Fehler.

Im Einzelnen wurden die Aufnahmen untersucht nach:

1. Positionierungsfehler:

- a) Zungenschatten, da der Patient während der Aufnahme die Zunge nicht an den Gaumen legt
- b) Seitliche Kippung des Kopfes, anhand des Seitenvergleiches der Höhe des Kiefergelenkköpfchen zum Oberrand der PSA
- c) Drehung des Kopfes, anhand des Seitenvergleiches der Ramusbreiten
- d) Verwischung der Frontzähne, anhand der Fehlpositionierung des Kopfes vor bzw. hinter die Schichtebene
- e) Okklusionsebene steigt an, da die Kinnposition zu niedrig ist
- f) Okklusionsebene fällt ab, da die Kinnposition zu hoch ist
- g) Einstellung der Kopfhöhe, anhand des Fehlens bzw. „Abschneiden“ der Kondylen bzw. des Unterkieferrandes
- h) Patientenbewegung, anhand von „Stufen“ oder Verzerrungen anatomischer Strukturen
- i) Überlagerung des Zungenbeins auf den Unterkiefer; da die FHE nicht parallel zur Boden-Grundebeine ausgerichtet ist
- j) Offene Lippen

2. Technische Fehler:

- a) Dichte zu hoch, Bild zu hell aufgrund einer Überbelichtung der Aufn.
- b) Dichte zu niedrig, Bild zu dunkel aufgrund einer Unterbelichtung der Aufn.
- c) Radiopaque Artefakte (MTP, Ohringe, Piercing)
- d) Film befleckt (Fingerabdrücke, etc.)
- e) Andere Fehler (Druckartefakte, Kratzer, Film verbogen)

Es konnte dabei nur das Vorliegen eines Fehlers festgestellt werden, nicht jedoch, wie stark dieser Fehler die Diagnostizierbarkeit einschränkt, d. h. es wurde eine reine Ja/Nein-Entscheidung über das Vorhandensein eines Fehlers gefällt.

Ausnahmen stellten die Fehler Zungenschatten, seitliche Kippung des Kopfes und Drehung des Kopfes dar. Diese konnten, wie zuvor beschrieben, metrisch erfasst werden und somit zusätzlich eine Aussage über die Stärke des Fehlers in beiden Patientengruppen ermöglichen.

WINDISCH (1997) zeigte, dass bei orthograden Röntgenbildern erst bei einer Verschiebung um 4 mm die Zunahme der Breite der Rami ascendentes visuell erkennbar war und erst dann eindeutig auf die genannte Fehlposition zu schließen ist.

Somit wurde für die Kippung und Drehung des Kopfes eine Messdifferenz ≥ 4 mm der anatomisch symmetrischen Messstrecken festgelegt und entsprechend als Positionierungsfehler bewertet.

Bei den radiopaquen Artefakten wurde zusätzlich der Fremdkörper protokolliert.

Zusätzlich wurde bei sämtlichen Aufnahmen die Detailerkennbarkeit der Parodontalspalten an den Zähnen 16 und 12 sowie 26 und 22 beurteilt. Bei der Beurteilung der Parodontalspalten wurde zwischen „nicht sichtbar“, „teilweise sichtbar“ und „komplett sichtbar“ differenziert.

2.5 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse wurden in Zusammenarbeit mit der Abteilung medizinische Statistik der Universitätsmedizin Göttingen statistisch ausgewertet und die Unterschiede in den Gruppen bzw. zwischen den Gruppen auf Signifikanz geprüft.

Zur analytischen Auswertung wurden sämtliche Daten aus dem Protokollbogen in das Programm EXCEL 2002 (Microsoft) übertragen und tabellarisch in das Statistikprogramm STATISTICA, Version 8.0.360.0 (Fa. StatSoft, Tulsa, USA) eingelesen.

Vor dem statistischen Vergleich der Gruppen, wurden die metrisch ermittelten Daten zunächst mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft.

Da keine Normalverteilung der Messwerte angenommen werden konnte wurde der Vergleich von MTP- und Kontroll-Gruppe mit dem nichtparametrischen U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney durchgeführt. Dieser Test prüft über die Rangfolge, ob die Verteilung zweier Stichproben gleich ist.

Die Verteilung der Daten wurde einerseits durch den Mittelwert und die Standardabweichung beschrieben, andererseits anhand des Medians, des 25. Perzentil und 75. Perzentils und des Minimums und des Maximums.

Die statistische Auswertung der visuell ermittelten Daten bezüglich der reinen Ja/Nein-Entscheidungen bzw. der Detailerkennbarkeit erfolgte mit dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson. Dieser Test dient zur Prüfung der Unabhängigkeit zweier oder mehrerer qualitativer Merkmale.

Als Signifikanzniveau wurde durchgehend ein Wert $\alpha=0,05$ festgelegt. Damit sind alle Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner 0,05 signifikant. Die p-Werte werden bis zur dritten Stelle nach dem Komma angeben, bei Werten kleiner 0,001 wird im Verlauf der Arbeit $p<0,001$ geschrieben. Bei allen Werten ab $p>0,001$ werden die exakten Werte weitergegeben.

Für die metrischen Variablen wurde eine Darstellung in Box-Plot Diagrammen gewählt, da sie den besten Überblick über die Verteilung und Variabilität metrischer Variablen geben. In der grafischen Darstellung geben Box-Plots die Streubereiche um den Medianwert, der als dicker Strich innerhalb der Box dargestellt ist, an. Die Boxlänge entspricht dabei dem Interquartilsabstand, in dem sich die mittleren 50% der Messwerte befinden. Die Antennen stellen Minimal- und Maximalwerte ohne Ausreißer und Extremwerte dar. In Form kleiner Kreise und Dreiecke werden Ausreißer, die zwischen eineinhalb und drei Boxlängen, und Extremwerte, die mehr als drei Boxlängen vom oberen oder unteren Boxrand entfernt liegen, angezeigt.

Da die Verteilung der Messergebnisse für die vertikale Zungenposition linksschief war, wurde in diesen Box-Plots die Boxlänge von 25-75% auf 10-90% vergrößert, um eine bessere grafische Darstellung der Verteilung dieser Variable zu erreichen.

Sollten die Ergebnisse einer Kreuztabelle grafisch veranschaulicht werden, erfolgte die grafische Darstellung durch Säulendiagramme.

3. Ergebnisse

3.1 Vermessung der Positionierungsfehler anhand anatomischer Strukturen

3.1.1 Vertikale Zungenposition

Die vertikale Vermessung der Zungen-Gaumen-Distanz erfolgte in Regio 16, median-sagittal und in Regio 26. Zur besseren Übersicht wurden die Ergebnisse der gemessenen Strecken für jede Region einzeln in einem Box-Plot Diagramm dargestellt.

Abbildung 3.1 zeigt die grafische Darstellung der Zungen-Gaumen-Distanz für die Messwerte in Regio 16.

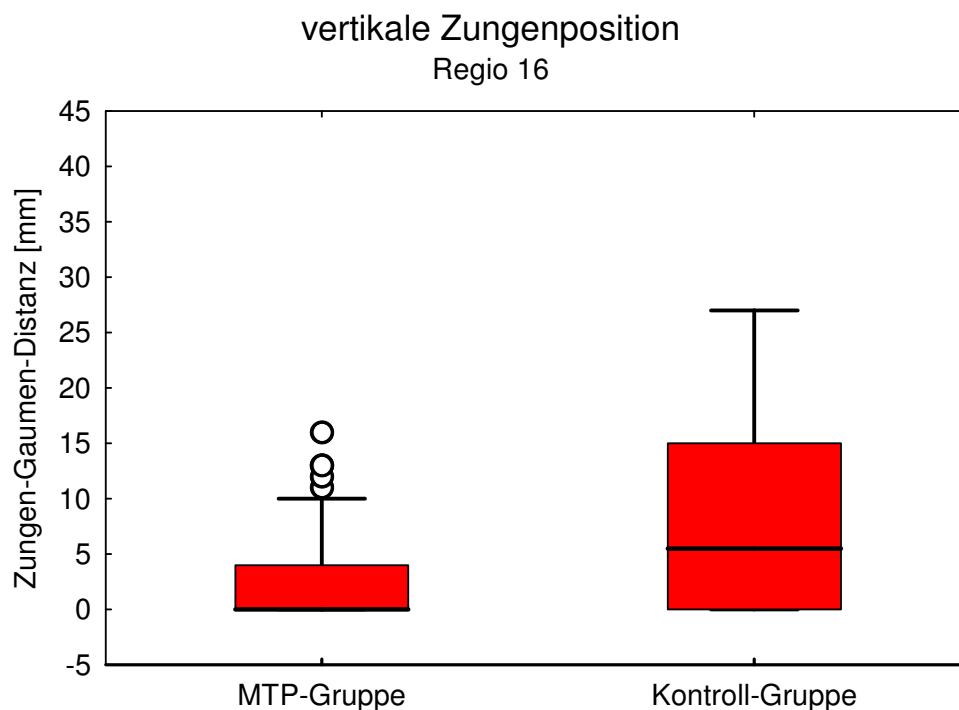


Abb. 3.1: Box-Plot Diagramm zum Vergleich der Zungen-Gaumen-Distanz in Regio 16 in beiden Gruppen. **Balken** Median in den Box-Plots; **Höhe der Box** Interquartilsabstand (10-90%; IQR). **Whisker** maximaler Abstand der Daten von der Box, die nicht weiter als 1,5 IQR von ihr entfernt sind. **Kreise** Ausreißer [$> 1,5$ IQR bzw. $< 3,0$ IQR] und **Sternchen** Extremwerte [$> 3,0$ IQR].

Zunächst wurden die Messergebnisse der MTP- und Kontroll-Gruppe in Regio 16 auf ihre Normalverteilung überprüft. Hier zeigte sich keine hinreichende Normalverteilung ($p_M < 0,001$, $p_K < 0,001$; Kolmogorov-Smirnov-Test).

Beim Vergleich der vertikalen Zungen-Gaumen-Distanz in Regio 16 zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe konnte ein signifikanter Unterschied während der Ausführung

des Zungenrepositionsmanövers festgestellt werden ($p < 0,001$; U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney).

Die Zungen-Gaumen-Distanz zeigte einen Mittelwert von 6,4 mm in der Kontroll-Gruppe. Der mittlere Abstand reduzierte sich in Folge des ZRM auf 1,0 mm in der MTP-Gruppe. Dies entspricht einer durchschnittlichen Abnahme des Zungenabstands zum Gaumen von 5,4 mm (Tab. 3.1).

		MW	SD	Min	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Max
Regio 16	MTP-Gruppe, n=150	1,0	2,8	0	0	0	0	16
	Kontroll-Gruppe, n=150	6,4	6,2	0	0	5,5	11	27

Tab. 3.1: Deskriptive Statistik: Tabelle 3.1 zeigt die Ergebnisse der zwei Gruppenvergleiche. Neben Mittelwerten (**MW**) und Standardabweichung (**SD**) sind zusätzlich das Minimum (**Min**), das 25. Perzentil, der **Median**, das 75. Perzentil und das Maximum (**Max**) dargestellt. Alle Werte sind in mm angegeben.

Abbildung 3.2 zeigt die grafische Darstellung der Zungen-Gaumen-Distanz für die Messwerte median-sagittal.

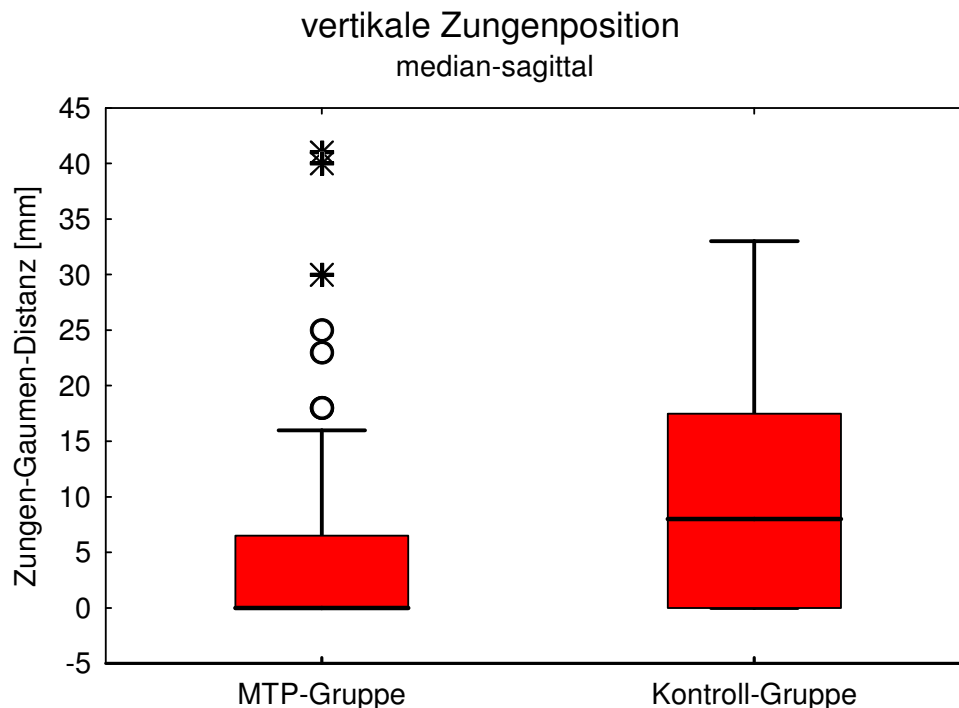


Abb. 3.2: Box-Plot Diagramm zum Vergleich der Zungen-Gaumen-Distanz median-sagittal in beiden Gruppen. Die Box-Plot Darstellung ist identisch zu der in Abbildung 3.1 beschriebenen.

Die Messergebnisse der MTP- und Kontroll-Gruppe median-sagittal wurden ebenfalls auf Normalverteilung überprüft. Eine hinreichende Normalverteilung konnte nicht gezeigt werden ($p_M < 0,001$, $p_K < 0,001$; Kolmogorov-Smirnov-Test).

Ein ähnliches Bild, wie in Regio 16, zeigte sich median-sagittal. Die statistische Auswertung stellte eine signifikante Reduzierung der vertikalen Zungen-Gaumen-Distanz zwischen der MTP- und Kontroll-Gruppe fest ($p < 0,001$; U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney).

Der mittlere Zungenabstand zum Gaumen von 8 mm in der Kontroll-Gruppe reduzierte sich durch das ZRM auf 2,2 mm in der MTP-Gruppe. Dies entspricht einer durchschnittlichen Abnahme des Zungenabstandes von 5,8 mm (Tab. 3.2).

		MW	SD	Min	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Max
median-sagittal	MTP-Gruppe, n=150	2,2	6,7	0	0	0	0	41
	Kontroll-Gruppe, n=150	8,0	7,4	0	0	8	13	33

Tab. 3.2: Deskriptive Statistik: Tabelle 3.2 zeigt die Ergebnisse der zwei Gruppenvergleiche. Neben Mittelwerten (**MW**) und Standardabweichung (**SD**) sind zusätzlich das Minimum (**Min**), das 25. Perzentil, der **Median**, das 75. Perzentil und das Maximum (**Max**) dargestellt. Alle Werte in mm angegeben.

Abbildung 3.5 zeigt die grafische Darstellung der Zungen-Gaumen-Distanz für die Messwerte in Regio 26.

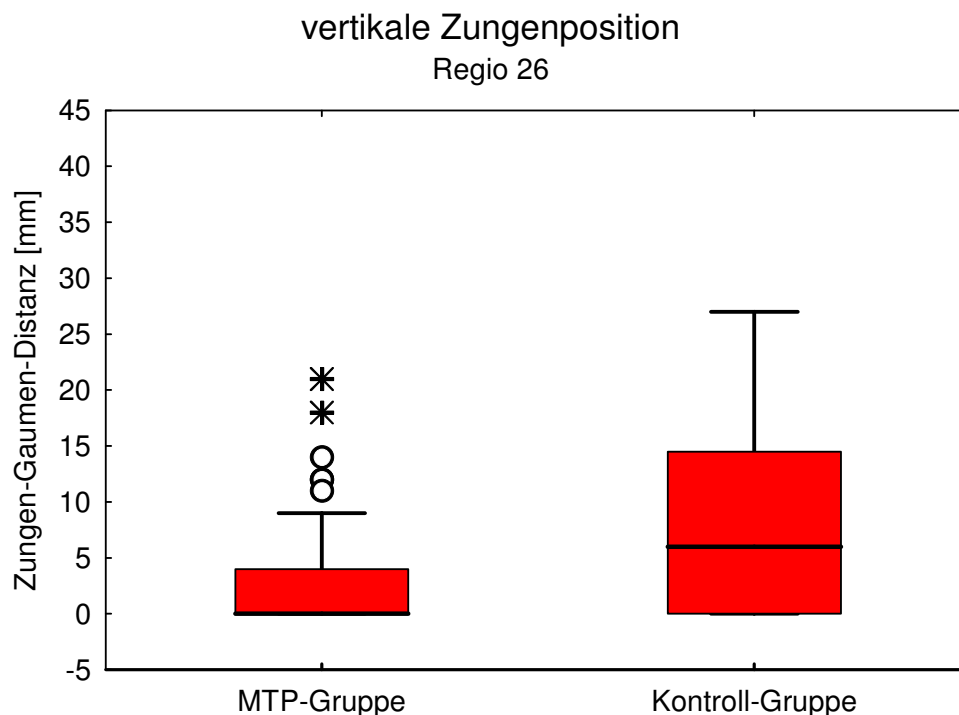


Abb. 3.3: Box-Plot Diagramm zum Vergleich der Zungen-Gaumen-Distanz in Regio 26 in beiden Gruppen. Die Box-Plot Darstellung ist identisch zu der in Abbildung 3.1 beschriebenen.

Wie zuvor zeigten auch hier die Messergebnisse der MTP-Gruppe und der Kontroll-Gruppe keine hinreichende Normalverteilung ($p_M < 0,001$, $p_K < 0,001$; Kolmogorov-Smirnov-Test).

Durch das ZRM änderte sich der mittlere Zungenabstand zum Gaumen von 6,5 mm innerhalb der Kontroll-Gruppe, auf 1,1 mm in der MTP-Gruppe. Dies entspricht einer durchschnittlichen Abnahme des Zungenabstands von 5,4 mm (Tab. 3.3).

		MW	SD	Min	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Max
Regio 26	MTP-Gruppe, n=150	1,1	3,3	0	0	0	0	21
	Kontroll-Gruppe, n=150	6,5	6,3	0	0	6	10	27

Tab. 3.3: Deskriptive Statistik: Tabelle 3.3 zeigt die Ergebnisse der zwei Gruppenvergleiche. Neben Mittelwerten (**MW**) und Standardabweichung (**SD**) sind zusätzlich das Minimum (**Min**), das 25. Perzentil, der **Median**, das 75. Perzentil und das Maximum (**Max**) dargestellt. Alle Werte sind in mm angegeben.

Auch in Regio 26 konnte die statistische Auswertung ebenfalls wie in Regio 16 und median-sagittal eine signifikante Reduzierung der vertikalen Zungen-Gaumen-Distanz zwischen den untersuchten Gruppen feststellen ($p < 0,001$; U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney).

Somit wurde in jeder der drei gemessenen Regionen (16, median-sagittal und 26) ein signifikanter Einfluss des ZRM diagnostiziert und eine signifikante Reduzierung des Zungenabstandes zum Gaumen beobachtet.

Allerdings waren auch vereinzelt, wie an den Extremwerten erkennbar, nur partiell korrekt durchgeführte oder sogar falsch durchgeführte Zungenrepositionsmanöver zu beobachten. Beispiele für die einzelnen Arten der Fehler sind anhand der Panorama-schichtaufnahmen in den Abbildungen 3.4 und 3.5 dargestellt.



Abb. 3.4: Orthograde Panoramaschichtaufnahme eines partiell korrekt durchgeführten Zungenrepositionsmanövers. Verlust des interokklusalen Unterdrucks während der Exposition von ca. 12 s mit entsprechendem Zungenschatten im Seitenzahnbereich des 1.Quadranten. Wie auf der Aufnahme zu erkennen ist, hat die Zunge nur zu etwa zweidrittel Kontakt zum harten Gaumen.

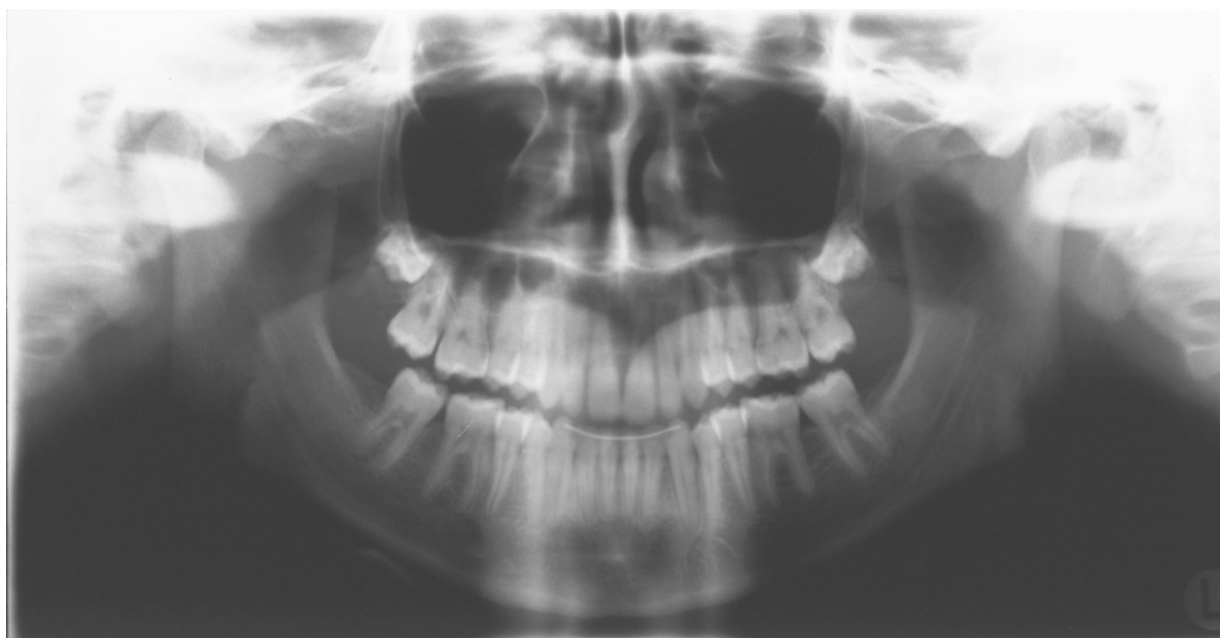


Abb. 3.5: Orthograde Panoramaschichtaufnahme mit inkorrekt durchgeführtem Zungenrepositionsmanöver. Der interokklusale Unterdruck wurde nicht korrekterweise durch „Speichel sammeln und Schlucken“ zu erzeugen versucht, sondern durch „Saugen“. Diese Verformung der Zunge stellt sich dann als v-förmiger Zungenschatten über den Oberkiefer-Zähnen auf der Panoramaschichtaufnahme dar.

3.1.2 Seitliche Kippung des Kopfes

Die Vermessung der Distanz des Kiefergelenkköpfchens zum Oberrand der PSA erfolgte symmetrisch. Die gemessenen Streckendifferenzen zwischen der rechten (R) und linken (L) Seite wurden für beide Gruppen in einem Box-Plot Diagramm grafisch dargestellt (Abb. 3.4).

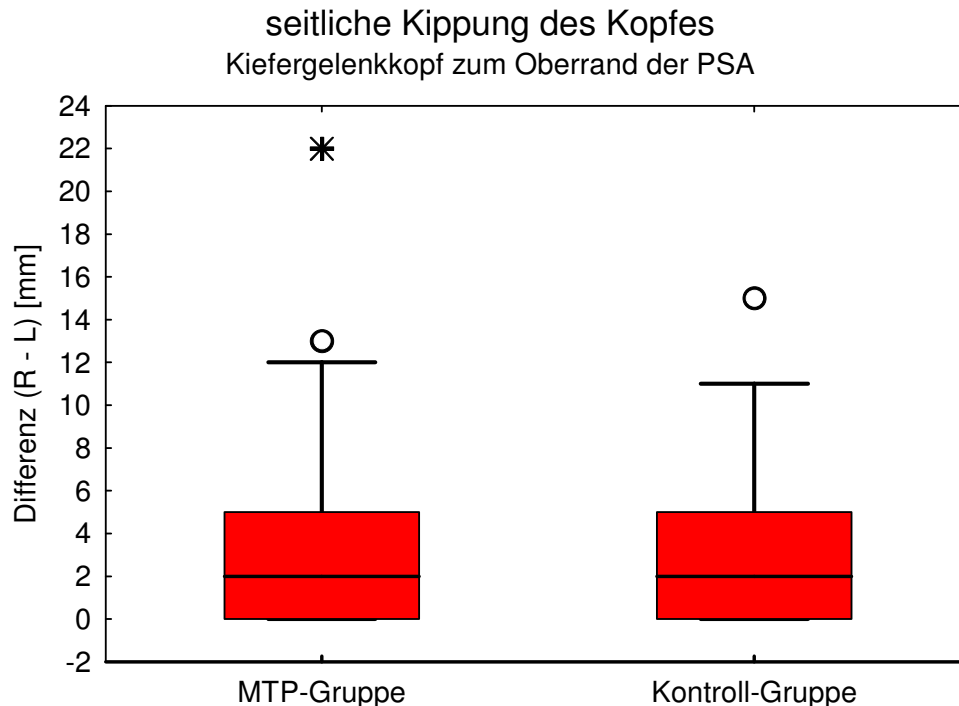


Abb. 3.6: Box-Plot Diagramm zum Vergleich der Differenz der seitlichen Kopfkipfung in MTP- und Kontroll-Gruppe. **Balken** Median in den Box Plots; **Höhe der Box** Interquartilsabstand (25-75%; IQR). **Whisker** maximaler Abstand der Daten von der Box, die nicht weiter als 1,5 IQR von ihr entfernt sind. **Kreise** Ausreißer [$> 1,5$ IQR bzw. $< 3,0$ IQR] und **Sternchen** Extremwerte [$> 3,0$ IQR].

Die Messergebnisse der seitlichen Kopfkipfung zeigten für beide Gruppen keine hinreichende Normalverteilung ($p_M < 0,001$, $p_K < 0,001$; Kolmogorov-Smirnov-Test).

Die statistische Auswertung anhand der gemessenen Streckendifferenz (R minus L) zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen der MTP- und Kontroll-Gruppe ($p = 0,93$; U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney;). Ein möglicher Einfluss des ZRM auf die seitliche Kippung des Kopfes konnte nicht beobachtet werden.

In der MTP-Gruppe betrug die mittlere Streckendifferenz der Kiefergelenkköpfchen zum Oberrand der PSA 2,9 mm, genauso wie in der Kontroll-Gruppe (Tab. 3.4).

		MW	SD	Min	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Max
Kopfkippung	MTP-Gruppe, n=147	2,9	3,2	0	0	2	5	22
	Kontroll-Gruppe, n=149	2,9	3,0	0	0	2	5	15

Tab. 3.4: Deskriptive Statistik: Tabelle 3.4 zeigt die Ergebnisse der zwei Gruppenvergleiche. Neben Mittelwerten (**MW**) und Standardabweichung (**SD**) sind zusätzlich das Minimum (**Min**), das 25. Perzentil, der **Median**, das 75. Perzentil und das Maximum (**Max**) dargestellt. Alle Werte sind in mm angegeben.

Wie die grafische Darstellung in Abbildung 3.4 zeigt, war in der MTP-Gruppe ein Extremwert von 22 mm zu beobachten. Die dazugehörige Panoramaschichtaufnahme zeigt Abbildung 3.5.



Abb. 3.7: Orthograde Panoramaschichtaufnahme der MTP-Gruppe. Asymmetrische Kopfpositionierung im Panoramaschichtgerät mit entsprechender Kopfkippung um die dorso-ventrale Achse nach links.

3.1.3 Drehung des Kopfes

Die Vermessung der Breite der Rami ascendentes erfolgte symmetrisch. Die gemessenen Streckendifferenzen der Ramusbreiten (R minus L) wurden ebenfalls für beide Gruppen in einem Box-Plot Diagramm grafisch dargestellt (Abb. 3.5).

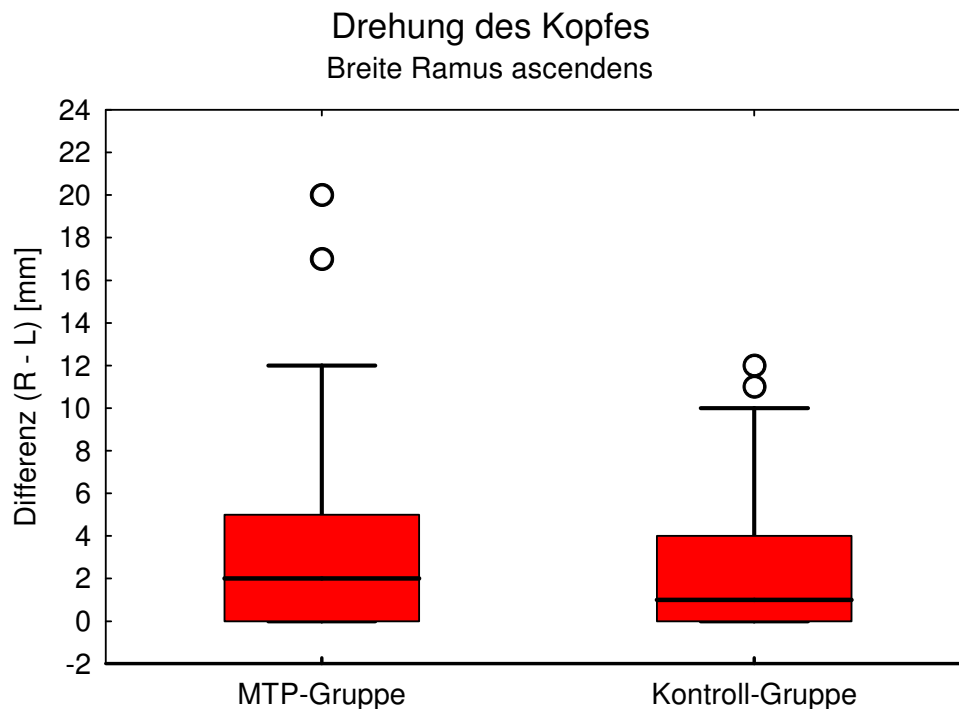


Abb. 3.8: Box-Plot Diagramm zum Vergleich der Differenz der Kopfdrehung in der MTP- und Kontroll-Gruppe. Die Box-Plot Darstellung ist identisch zu der in Abbildung 3.6 beschriebenen.

Die Messergebnisse der Kopfdrehung zeigten innerhalb der MTP- und Kontroll-Gruppe keine hinreichende Normalverteilung ($p_M < 0,001$, $p_K < 0,001$; Kolmogorov-Smirnov Test).

Die statistische Auswertung anhand der gemessenen Streckendifferenz (R minus L) zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen der MTP- und Kontroll-Gruppe ($p = 0,25$; U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney). Ein möglicher Einfluss des ZRM auf die Kopfdrehung konnte nicht beobachtet werden.

Die mittlere Streckendifferenz der Rami ascendentes betrug 2,85 mm in der MTP-Gruppe und änderte sich nur geringfügig auf 2,25 mm in der Kontroll-Gruppe. Dies entspricht einer durchschnittlichen Abnahme von 0,60 mm (Tab. 3.5).

		MW	SD	Min	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Max
Kopfdrehung	MTP-Gruppe, n=149	2,85	3,45	0	0	2	5	20
	Kontroll-Gruppe, n=150	2,25	2,6	0	0	1	4	12

Tab. 3.5: Deskriptive Statistik: Tabelle 3.5 zeigt die Ergebnisse der zwei Gruppenvergleiche. Neben Mittelwerten (**MW**) und Standardabweichung (**SD**) sind zusätzlich das Minimum (**Min**), das 25. Perzentil, der **Median**, das 75. Perzentil und das Maximum (**Max**) dargestellt. Alle Werte sind in mm angegeben.

In beiden untersuchten Gruppen konnten jeweils zwei Ausreißer beobachtet werden. Die Panoramaschichtaufnahme in Abbildung 3.7 zeigt den Ausreißer von 20 mm aus der MTP-Gruppe.



Abb. 3.9: Orthograde Panoramaschichtaufnahme. Asymmetrische Kopfpositionierung im Panoramaschichtgerät in der Mediansagittalebene mit einer Kopfdrehung um die kranio-kaudale Achse nach rechts und Verbreiterung des linken Ramus ascendens.

3.2 Visuelles Erkennen von Fehlern auf den Panoramaschichtaufnahmen

Zur visuellen Beurteilung der Panoramaschichtaufnahmen der jeweiligen Gruppe wurde die bereits in Abschnitt 2.4.2 beschriebene Fehlerliste herangezogen und eine reine Ja/Nein-Entscheidung gefällt.

3.2.1 Positionierungsfehler

Die prozentuale Verteilung der verschiedenen Positionierungsfehler zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe ist in Abbildung 3.8 dargestellt.

Der bemerkenswert größte Unterschied zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe war im Vergleich der Häufigkeit des Zungenschattens zu erkennen (20,7% MTP-Gruppe vs. 72% Kontroll-Gruppe). Als radioluzenter Schatten über den Wurzelspitzen der Oberkieferzähne sichtbar (Abb. 3.11), war er zugleich der häufigste Positionierungsfehler in der Kontroll-Gruppe. Ebenfalls relevant große Unterschiede waren bei der Drehung des Kopfes (36% MTP-Gruppe vs. 26% Kontroll-Gruppe), offenen Lippen (3,3% MTP-Gruppe vs. 32% Kontroll-Gruppe) und einer ansteigenden Okklusionsebene (50% MTP-Gruppe vs. 32% Kontroll-Gruppe) zu verzeichnen. Als nach oben offener Bogen auf der PSA sichtbar, war eine ansteigende Okklusionsebene der häufigste Positionierungsfehler in der MTP-Gruppe (Abb. 1.12). Nur geringe oder gar keine Abweichungen zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe zeigten sich bei der Neigung des Kopfes (38,6% MTP-Gruppe vs. 36,6% Kontroll-Gruppe), Verwischung der Frontzähne (24% MTP-Gruppe vs. 24% Kontroll-Gruppe), abfallender Okklusionsebene (0% MTP-Gruppe vs. 6,6% Kontroll-Gruppe), Patientenbewegung (10% MTP-Gruppe vs. 6% Kontroll-Gruppe) sowie der Überlagerung des Zungenbeins auf den Unterkiefer (34,6% MTP-Gruppe vs. 42% Kontroll-Gruppe).

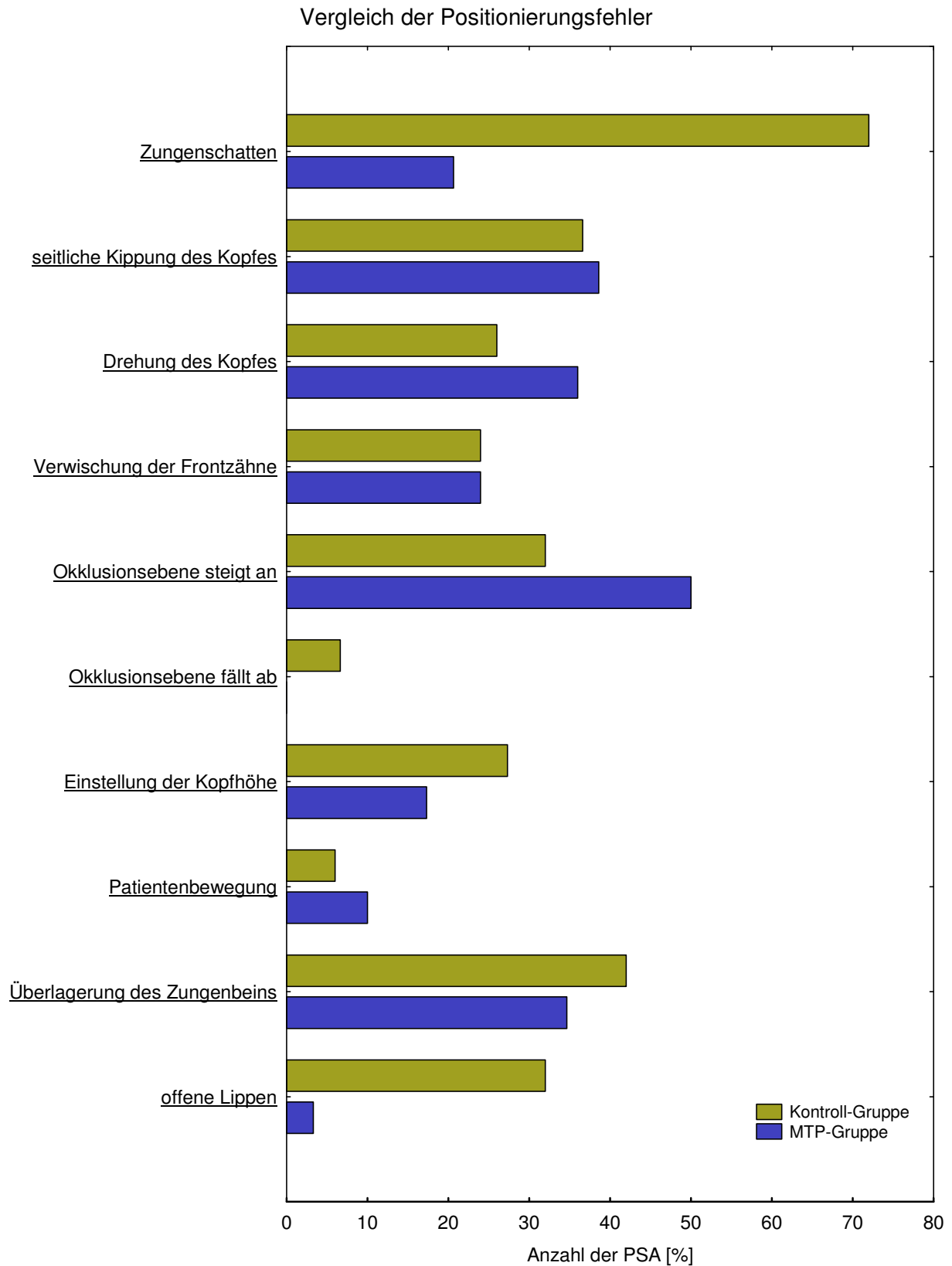


Abb. 3.10: Prozentuale Verteilung der verschiedenen Positionierungsfehler im Vergleich zwischen MTP-Gruppe und Kontroll-Gruppe.

Hinsichtlich der Häufigkeit der verschiedenen Positionierungsfehler konnte zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe im Bereich des Zungenschattens, ansteigender Okklusionsebene, Einstellung der Kopfhöhe und offenen Lippen ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p < 0,05$; Chi-Quadrat-Test). Bei den übrigen Positionierungsfehlern wurde kein signifikanter Unterschied ermittelt (Tab. 3.6).

Positionierungsfehler	MTP-Gruppe in Anzahl	Kontroll-Gruppe in Anzahl	p
Zungenschatten	31	108	<0,001
Neigung des Kopfes	58	55	0,686
Drehung des Kopfes	54	39	0,056
Verwischung der Frontzähne	36	36	1,00
Okklusionsebene steigt an	75	48	0,002
Okklusionsebene fällt ab	0	10	0,202
Einstellung der Kopfhöhe	25	40	0,035
Patientenbewegung	15	9	0,202
Überlagerung des Zungenbeins	52	63	0,192
Offene Lippen	5	48	<0,001

Tab. 3.6: Positionierungsfehler und Ergebnis der statistischen Auswertung (**Chi-Quadrat-Test**) in MTP-Gruppe und Kontroll-Gruppe. Signifikante p-Werte sind fett gekennzeichnet.

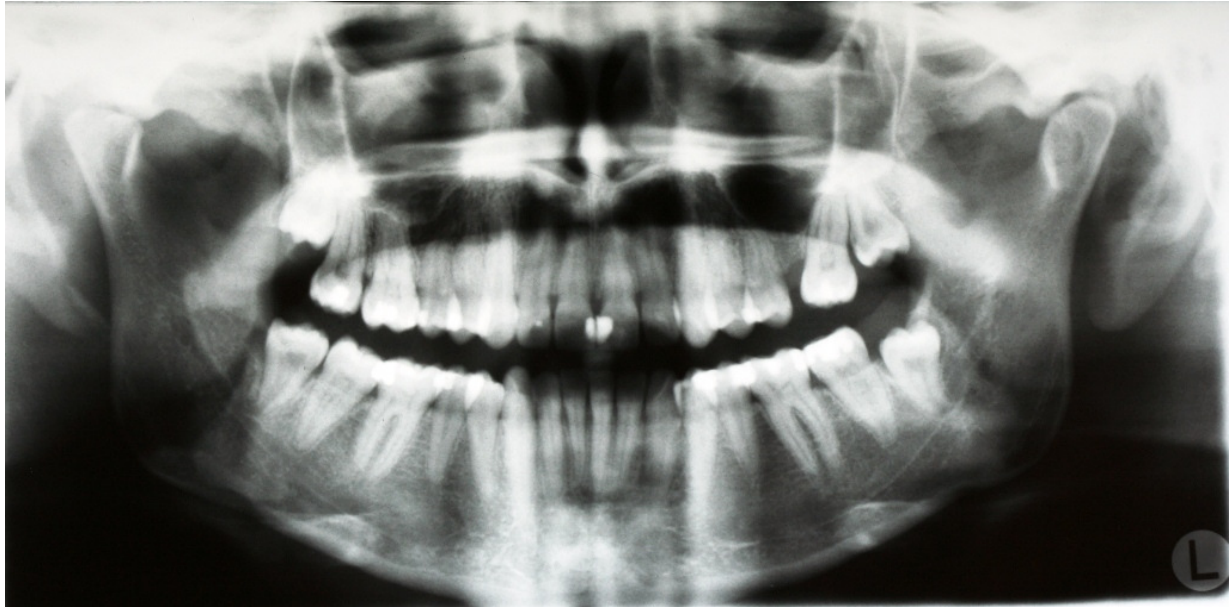


Abb. 3.11: Fehlerhafte Zungenposition bei der PSA. In der orthograden PSA der Kontroll-Gruppe sind die Wurzeln der Zähne des Oberkiefers, die Strukturen der Maxilla und die Grenzen der Nasenhöhle und der Kieferhöhlen durch die Überlagerung mit dem negativen Kontrastmittel Luft ausgelöscht und nicht mehr beurteilbar.



Abb. 3.12: Fehlpositionierung des Kopfes im PSA-Gerät. Die orthograde PSA der MTP-Gruppe in Antelexion zeigt, dass die Okklusionsebene einen nach oben offenen Bogen bildet und die Kiefergelenke werden dabei seitlich wegprojiziert.

3.2.2 Technische Fehler

Die prozentuale Verteilung der verschiedenen technischen Fehler zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe ist in Abbildung 3.13 dargestellt.

Bei den technischen Fehlern waren die größten Unterschiede im Vergleich zwischen MTP-Gruppe und Kontroll-Gruppe lediglich bei der Häufigkeit radiopaquer Artefakte (37,3% MTP-Gruppe vs. 0,07% Kontroll-Gruppe) und der befleckten Filmen (10% MTP-Gruppe vs. 22,6% Kontroll-Gruppe) zu erkennen. In etwa einem Drittel der 150 beurteilten Panoramaschichtaufnahmen der MTP-Gruppe war ein radiopaquer Artefakt, in Form der Membrantrichterplatte, sichtbar (Abb. 3.14). Relativ gleichmäßig war die Verteilung in beiden Gruppen bei "Dichte zu hoch" (20% MTP-Gruppe vs. 18% Kontroll-Gruppe), "Dichte zu niedrig" (3,3% MTP-Gruppe vs. 4% Kontroll-Gruppe) sowie "andere Fehler" (5,3% MTP-Gruppe vs. 4,67% Kontroll-Gruppe).

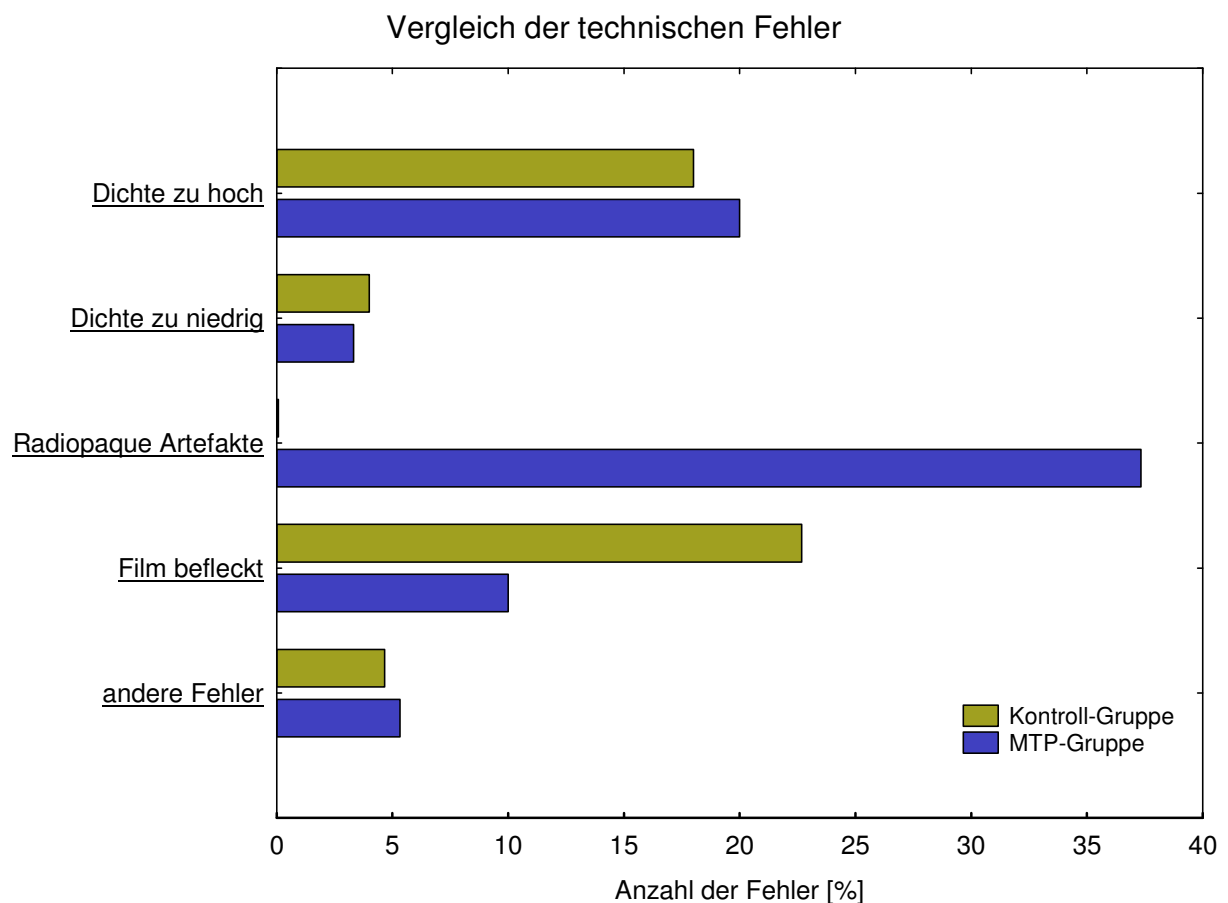


Abb. 3.13: Prozentuale Verteilung der verschiedenen technischen Fehler im Vergleich zwischen MTP-Gruppe und Kontroll-Gruppe.

Hinsichtlich der Häufigkeit der verschiedenen technischen Fehler konnte zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe im Bereich radiopaquer Artefakte und befleckter Filme ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden ($p < 0,05$; Chi-Quadrat-Test). Bei den übrigen technischen Fehlern wurde kein signifikanter Unterschied ermittelt (Tab. 3.7).

Technische Fehler	MTP-Gruppe; in Anzahl	Kontroll-Gruppe; in Anzahl	p
Dichte zu hoch	30	27	0,659
Dichte zu niedrig	5	6	0,759
Radiopaque Artefakte	53	1	<0,001
Film befleckt	15	34	0,003
andere Fehler	8	7	0,791

Tab. 3.7: Verteilung der technischen Fehler und Ergebnisse der statistischen Überprüfung (**Chi-Quadrat-Test**) in MTP-Gruppe und Kontroll-Gruppe. Signifikante p-Werte sind fett gekennzeichnet.

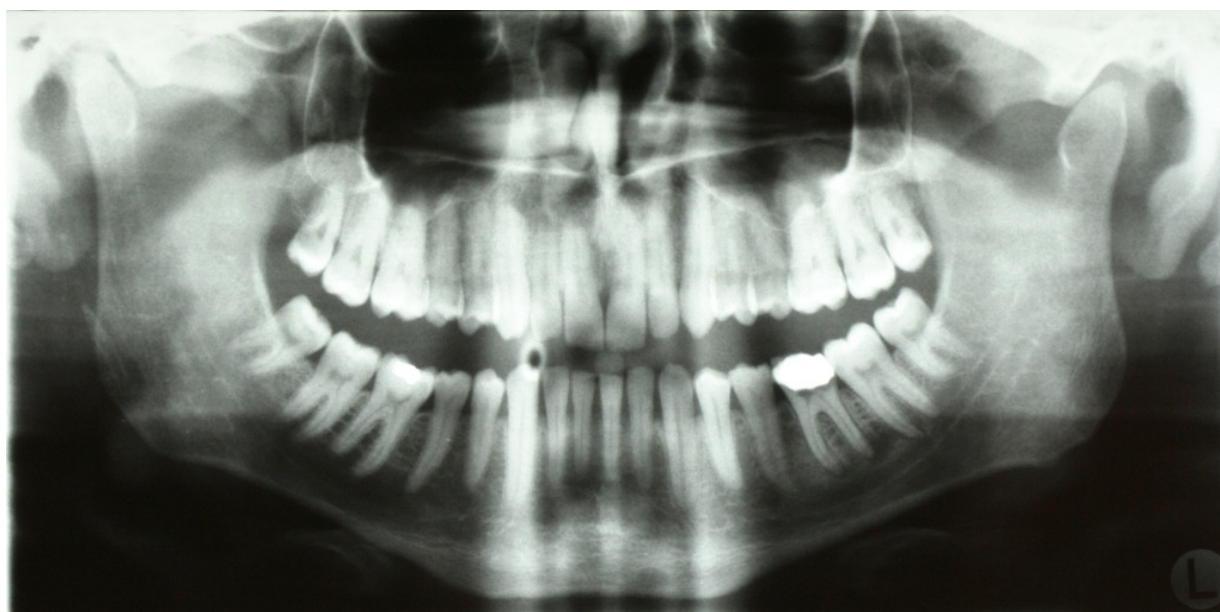


Abb. 3.14: Fremdkörper im Strahlengang. Die orthograde PSA der MTP-Gruppe zeigt eine runde Verschattung im rechten Frontzahnbereich durch den Trichter der Membrantrichterplatte.

Bei den jeweils 150 PSA der beiden untersuchten Gruppen, wurden insgesamt 462 Fehler in der MTP-Gruppe und 530 Fehler in der Kontroll-Gruppe festgestellt, wobei die meisten Aufnahmen mehrere Fehler aufwiesen. Dabei entstanden zwangsläufig Fehlerkumulationen in den einzelnen Aufnahmen. Abbildung 3.15 stellt dies grafisch für beide Gruppen dar.

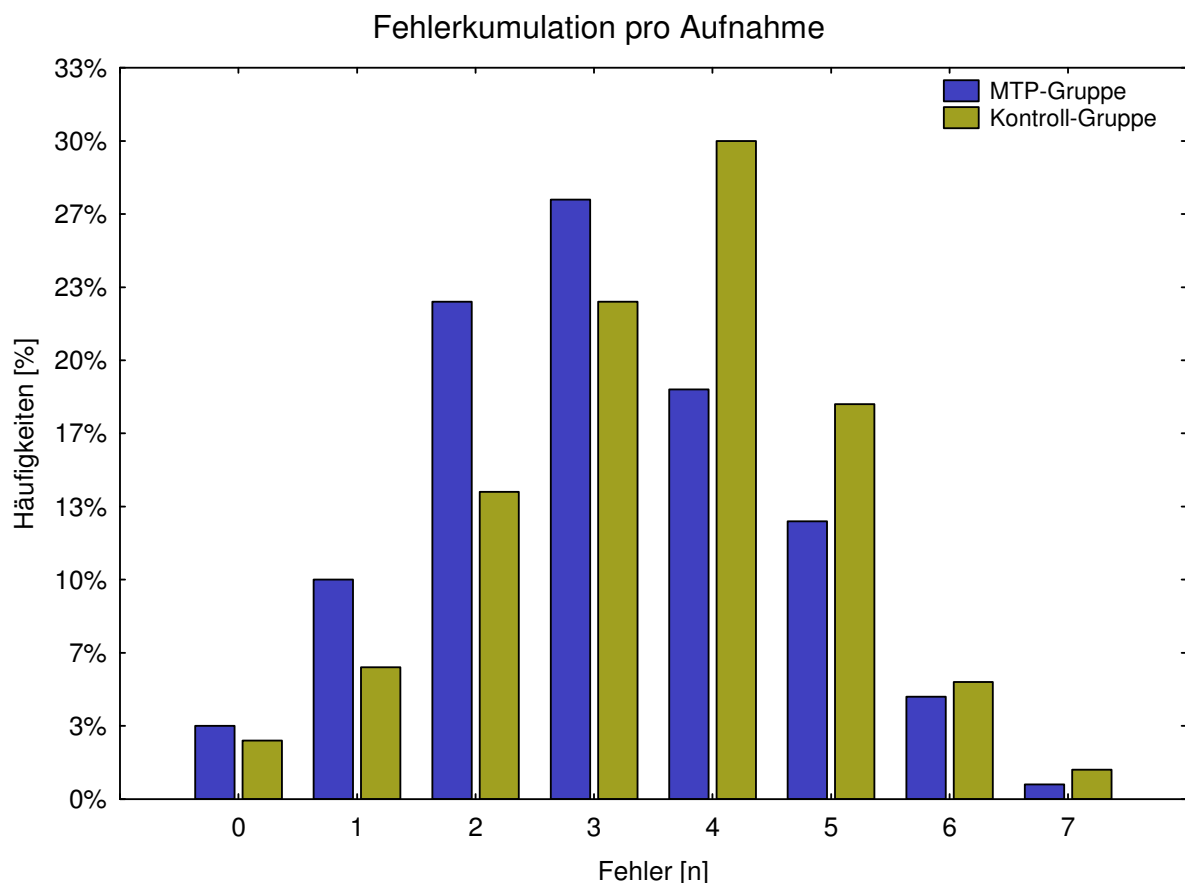


Abb. 3.15: Fehlerkumulation pro Panoramaschichtaufnahme zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe.

Innerhalb beider Gruppen zeigten nur fünf Aufnahmen (3%) in der MTP-Gruppe, bzw. vier Aufnahmen (3%) in der Kontroll-Gruppe keinen Fehler. Die Mehrzahl, 41 Aufnahmen (27%), zeigten drei Fehler in der MTP-Gruppe, während in der Kontroll-Gruppe die Mehrzahl, 45 Aufnahmen (30%), vier Fehler aufwiesen.

In der MTP-Gruppe waren durchschnittlich drei Fehler pro Aufnahme, in der Kontroll-Gruppe 3,5 Fehler pro Aufnahme zu erkennen.

Hinsichtlich der Fehlerkumulation pro Panoramaschichtaufnahme konnte die statistische Auswertung keinen signifikanten Unterschied zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe feststellen ($p=0,124$; U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney).

3.2.3 Detailerkennbarkeit

Die Verteilung der Detailerkennbarkeit im Bereich der einzelnen Zähne (16, 12, 22, 26) zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe zeigt die Abbildung 3.16.

Die komplette Erkennbarkeit des Desmodontalspaltes rings um den Zahn 16 zeigte eine gleichmäßige Verteilung zwischen beiden Gruppen (10,6% MTP-Gruppe vs. 11,1% Kontroll-Gruppe), ebenso für den Zahn 26 (8,3% MTP-Gruppe vs. 8,7% Kontroll-Gruppe). Teilweise sichtbar war der Desmodontalspalt am Zahn 16 geringfügig häufiger in der MTP-Gruppe (59% MTP-Gruppe vs. 55,5% Kontroll-Gruppe) und am Zahn 26 geringfügig häufiger in der Kontroll-Gruppe (55% MTP-Gruppe vs. 59,65% Kontroll-Gruppe). Relativ gleichmäßig war die Verteilung zwischen beiden Gruppen für die Nichterkennbarkeit des Desmodontalspaltes am Zahn 16 (30,3% MTP-Gruppe vs. 33,3% Kontroll-Gruppe) sowie häufiger in der MTP-Gruppe am Zahn 26 (36,6% MTP-Gruppe vs. 31,5% Kontroll-Gruppe).

Hinsichtlich der Erkennbarkeit der Desmodontalspalten an den Molaren konnte die statistische Auswertung keine signifikanten Unterschiede zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe am Zahn 16 ($p=0,86$; Chi-Quadrat-Test) sowie am Zahn 26 ($p=0,72$; Chi-Quadrat-Test) feststellen.

Die komplette Erkennbarkeit des Desmodontalspaltes rings um den Zahn 12 zeigte eine relativ gleichmäßige Verteilung zwischen beiden Gruppen (8,9% MTP-Gruppe vs. 7,4% Kontroll-Gruppe) sowie geringfügig häufiger in der MTP-Gruppe am Zahn 22 (10,8% MTP-Gruppe vs. 7,2% Kontroll-Gruppe). Teilweise sichtbar war der Desmodontalspalt häufiger in der MTP-Gruppe am Zahn 12 (35% MTP-Gruppe vs. 30,5% Kontroll-Gruppe) sowie am Zahn 22 (37,9% MTP-Gruppe vs. 34,4% Kontroll-Gruppe). Eine größere Abweichung zeigte sich im Vergleich hinsichtlich der Nichterkennbarkeit des Desmodontalspaltes. Dieser war an beiden Frontzähnen, 12 (55,9% MTP-Gruppe vs. 61,9% Kontroll-Gruppe) und 22 (51,1% MTP-Gruppe vs. 58,4% Kontroll-Gruppe), häufiger in der Kontroll-Gruppe nicht beurteilbar.

Hinsichtlich der Erkennbarkeit der Desmodontalspalten an den Frontzähnen konnte die statistische Auswertung ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe am Zahn 12 ($p=0,62$; Chi-Quadrat-Test) sowie am Zahn 22 ($p=0,41$; Chi-Quadrat-Test) feststellen.

Somit stellte sich folgendes Gesamtbild dar. Die besten Resultate zeigte der Seitenzahnbereich (16 und 26) in beiden untersuchten Gruppen. Mit über 50% war der

Desmodontalspalt teilweise sichtbar, zu rund 30% gar nicht und zu 8-10% komplett sichtbar.

Der Frontzahnbereich (12 und 22) zeigte insgesamt ungünstigere Resultate in beiden untersuchten Gruppen. In diesen Bereichen war der Desmodontalspalt mit etwa 50-60% nicht sichtbar, zu rund 30% teilweise und wiederum zu 8-10% komplett sichtbar.

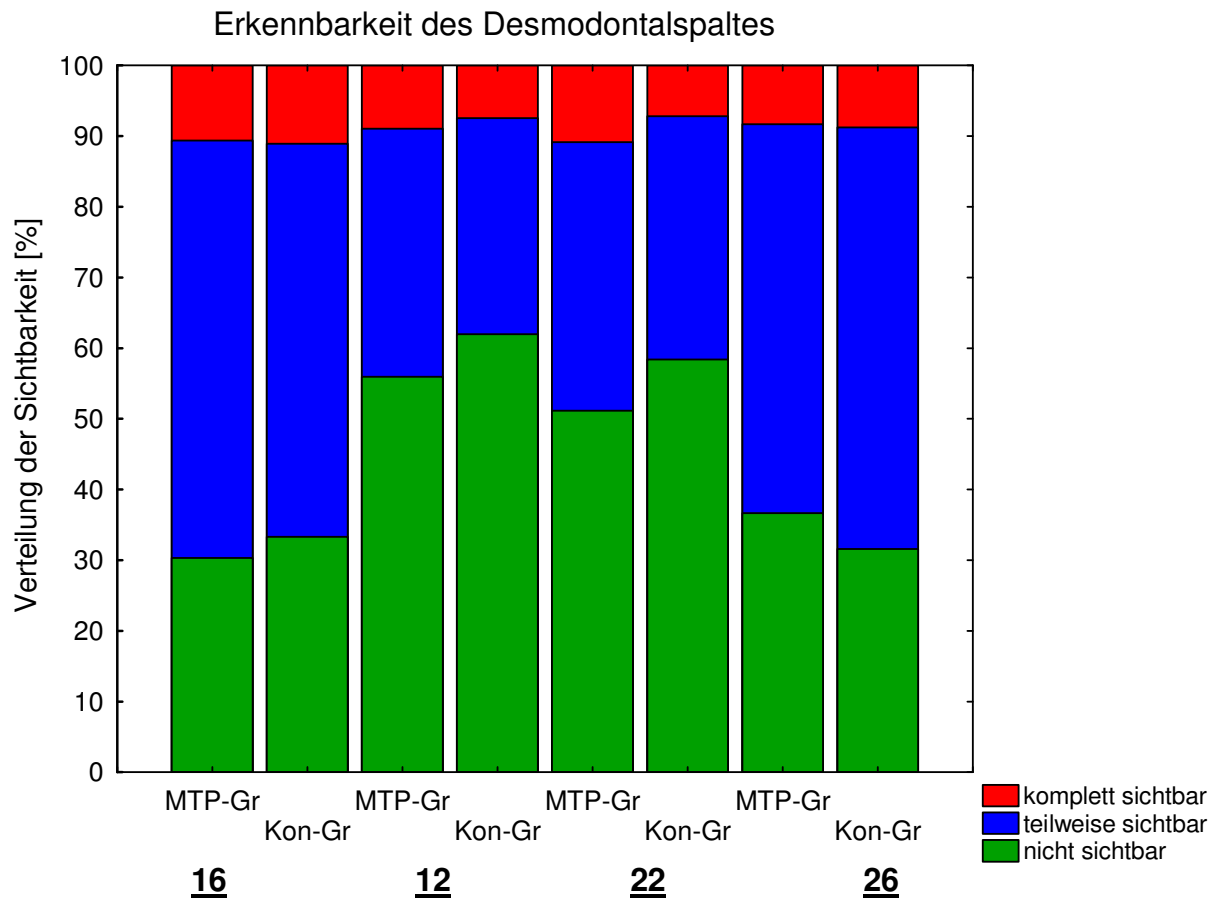


Abb. 3.16: Prozentuale Verteilung der Erkennbarkeit des Desmodontalspaltes der Zähne 16, 12, 22, 26 im Vergleich zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe.

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Methodik

4.1.1 Membrantrichterplatte

Unter dem Einsatz der Membrantrichterplatte war es dem Untersucher wie auch den Patienten objektiv möglich, die korrekte Durchführung des Zungenrepositionsmanövers zu kontrollieren. Mit dem druckanzeigenden Membrantrichter kann somit überprüft werden, ob ein Unterdruck in der Mundhöhle besteht und die Zunge eine Gaumenkontaktposition einnimmt.

Nur bei gleichzeitig bestehendem anteriorem und posteriorem Mundschluss ist ein Unterdruck in der Mundhöhle aufrecht zu erhalten (ENGELKE 2003, HARSTER 2005). In diesem Zusammenhang führte FRÄNKEL (1967) verschiedene Versuche durch, um die Funktionen der Subkompartimente der Mundhöhle zu beschreiben. Er beobachtete nach Einsetzen einer vestibulären und einer palatinalen Kunststoffschiene in den Mund und anschließender Aufforderung zum Schlucken, dass die Probanden den Mund nicht mehr öffnen konnten. Der Autor interpretierte dieses Phänomen als Ausdruck eines starken Unterdruckes im interokklusalen Raum, der einem Ventilmechanismus analog der Haftung einer Oberkieferprothese gleicht. KÖRBITZ (1914) beobachtete allein auf der Basis von Selbstbeobachtungen und ohne Einsatz aufwändiger Messverfahren die reproduzierbare Einnahme einer Zungenposition am Gaumen durch den Schluckvorgang.

Einige Studien beschäftigten sich im Folgenden mit Unterdruckmessungen innerhalb der Mundhöhle (CHRISTIANSEN et al. 1979, LINDNER 1991, HALAZONETIS et al. 1994, THÜER et al. 1999, ENGELKE und HOCH 1999, KUCUKKELES und CEYANOGLU 2003).

LINDNER (1991) maß an 23 Neugeborenen sowie zwölf Vierjährigen den intraoralen Unterdruck mittels eines im Schnuller eingebauten Signalgebers. Dabei nahm der Unterdruck von 58 mbar bei den Neugeborenen auf 155 mbar bei den Vierjährigen zu.

THÜER et al. (1999) untersuchten 1999 an 24 jungen Erwachsenen die Existenz eines Unterdrucks im Bereich des Gaumendaches während des Schluckens und Kauens. Sie zeigten, dass mit anhaltendem Unterdruck am Gaumendach gleichzeitig

auch der Wangen- und Lippendruck, sprich der Druck im interokklusalen Raum, zunimmt und konnten somit die Beobachtungen von FRÄNKEL (1967) bestätigen.

Verbindet man den interokklusalen Raum nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren auf einfache Weise mit dem extraoralen Raum, z.B. mit Hilfe eines Trichters, dessen Spitze zur Zahnreihe und dessen Öffnung nach extraoral zeigt, so kann mit Hilfe einer über die Öffnung des Trichters gespannten Membran der aktuelle interokklusale Druck extraoral angezeigt werden. Versieht man den Trichter mit einer Fußplatte, so entsteht die MTP (ENGELKE 2003). Die Einziehung der Membran in den Trichter bei geschlossener Zahnreihe zeigt an, dass die Mundhöhle nach außen und innen geschlossen ist. Der starke negative Druck belegt, dass die Mundhöhle vollständig vom Zungenkörper ausgefüllt ist und die Zunge sich dauerhaft in festen Kontakt mit dem harten und weichen Gaumen befindet (ENGELKE 2003, ENGELKE et al. 2006, ENGELKE et al. 2007). Dies wurde durch die Beobachtungen der Patienten bestätigt, die feststellten, dass Zungenbewegungen mit ausgeführtem Zungenrepositionsmanöver nicht mehr möglich waren. HARSTER (2005) zeigte ebenfalls, dass ein Unterdruck in der Mundhöhle dazu genutzt werden kann, Zunge, Lippen und Wangen gegen den Gaumen bzw. die Zähne zu drücken.

Die Einziehung der Membran in den Trichter erlaubt nicht nur die wirksame Kontrolle der Aufrechterhaltung des interokklusalen Unterdrucks, sondern gibt auch dem Untersucher die Möglichkeit, die korrekte Ausführung des Manövers während der gesamten Aufnahmedauer zu kontrollieren. Dies ist ein entscheidender Vorteil gegenüber anderen verfügbaren Geräten, wie z. B. dem Faceformer nach BERNDSEN (2000).

Trotz der positiven Ergebnisse dieser Untersuchung und vorangegangener Studien (ECKERT-MÖBIUS 1953, ENGELKE et al. 2006, ENGELKE et al. 2007) war nicht bei allen Patienten eine vollständige Anlagerung der Zunge am Gaumendach sichtbar. Etwas weniger als ein Viertel der vermessenen PSA in der MTP-Gruppe zeigten einen sichtbaren Zungenschatten.

In der vorliegenden Arbeit musste zwischen einem Zungenschatten infolge eines falsch ausgeführten Manövers und einem Zungenschatten aufgrund mangelhafter Druckunterschiede während des Manövers differenziert werden.

Die Ausführung des Manövers hängt einerseits von der richtigen Erklärung, sowie andererseits von der Kooperationsbereitschaft des Patienten und deren gutem Verständnis dafür ab. So wurde im Laufe der Untersuchung ersichtlich, dass Kinder,

Jugendliche und junge Erwachsene ein schnelleres Verständnis für das Manöver entwickelten als Patienten höheren Alters. Die vollständige Einziehung der Membran zeigt einen negativen interokklusalen Druck von 150 mbar (ENGELKE et al 2006), was eine resultierende vollständige Kontaktposition der Zunge am harten Gaumen voraussetzt. Wird demzufolge im Umkehrschluss eine Bewegung der Membran der MTP während der Exposition beobachtet, so wurde das Zungenrepositionsmanöver nicht korrekt ausgeführt. Dies ist unter anderem dann der Fall, wenn Patienten versuchen, den gesammelten Speichel in der Mundhöhle durch Saugbewegungen zu entleeren, und nicht wie korrekter Weise durch Schluckbewegungen.

Allerdings war trotz korrekt durchgeführtem ZRM und vollständiger Membraneinziehung auf einigen wenigen PSA ein Zungenschatten von 1-3 mm sichtbar. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass der negative interokklusale Unterdruck von ca. 150 mbar bei einigen Patienten nicht ausreicht.

Eine andere Fehlerquelle ist der Verlust des negativen interokklusalen Drucks während der Exposition. Eine Panoramaschichtaufnahme benötigt ca. 12 s für einen Umlauf. Wenn ein Patient während der Aufnahmedauer den Unterdruck verliert, kann es vorkommen, dass nur ein Teil des Röntgenbildes den vollständigen Kontakt der Zunge zum harten Gaumen zeigt. Grund hierfür ist vielleicht eine gesteigerte Aufregung, da eine Röntgenaufnahme im Panoramaschichtgerät keine alltägliche Maßnahme darstellt und bei manchen Patienten doch eine Stresssituation hervorruft, in der auch vorher eingeübte Manöver nur partiell richtig durchgeführt werden. Diese Unannehmlichkeit kann aber durch den Untersucher entdeckt und notiert und eventuell durch sofortige Instruktion des Patienten korrigiert werden. In der vorliegenden Studie war dieser Fehlertyp allerdings nur in seltenen Fällen zu beobachten.

In weiterführenden Studien könnte versucht werden, einen Drucksensor in die Mundplatte einzugliedern, so dass der negative interokklusale Druck mit einer noch exakteren Technik zu überprüfen ist, da gerätespezifisch beim Umlauf des Kassettenträgers um den Patientenkopf die Membraneinziehung für 2-3 s nicht sichtbar ist.

4.1.2 Genauigkeit des Aufnahmeverfahrens

Die Panoramaschichtaufnahme

Die Panoramaschichtaufnahme steht der Zahnheilkunde heute als Routineverfahren zur Verfügung. Neben der raschen Verfügbarkeit und der für den Patienten angenehmen Aufnahmetechnik, auch bei eingeschränkter Mundöffnung, bietet die Panoramaschichtaufnahme eine Reihe von Vorteilen.

Sie ermöglicht eine übersichtliche Darstellung, nicht nur der Zähne und des umgebenden Alveolarfortsatzes, sondern auch der Kiefer bis hin zum Kiefergelenk und der angrenzenden Strukturen des Mittelgesichts. So werden oft pathologische Prozesse und Nebenbefunde, wie z.B. Zysten, Neoplasien, überzählige Zähne, die sich auf Zahnfilmaufnahmen nicht darstellen, entdeckt. Nicht zuletzt wegen der im Vergleich zu einem Zahnfilm geringeren Strahlenbelastung, insbesondere der Gonadenbelastung, hat sich die Panoramaschichtaufnahme in der heutigen zahnärztlichen Praxis etabliert (GRUBER und SONNABEND 1989, PASLER 2008).

Bei allen Vorteilen müssen jedoch auch einige verfahrensbedingte Nachteile beachtet werden. Da das Bild als Schichtaufnahme entsteht, werden Objekte außerhalb der begrenzten Schicht unscharf oder gar nicht abgebildet. In der Frontzahnregion kommt es durch Überlagerung mit der Wirbelsäule zu einer undeutlichen Bildwiedergabe. Bedingt durch die Abbildungsgeometrie kann es ferner zu Verzerrungen der dargestellten Strukturen kommen, so dass eine metrische Analyse nicht ohne weiteres möglich ist (BEHFAR 2005, PASLER 2008). Auch die Detailzeichnung feinsten Strukturen wird durch die zur Dosisreduzierung notwendige Verwendung von Verstärkerfolien beeinträchtigt (ROTHER 2001).

Die metrische Analyse von Panoramaschichtaufnahmen wird in der wissenschaftlichen Literatur bisher kontrovers diskutiert. Die Tatsache, dass es keine einheitliche Vergrößerung für vertikale und horizontale Stecken gibt, macht die Analyse der Panoramaschichtaufnahmen schwierig. DAHAN und JESDINSKY (1968a, 1968b) sowie SCHOPF (1969) hielten eine metrische Analyse für durchaus möglich. SCHOPF (1966) stellte fest, dass die metrische Auswertung des Orthopantomogramms nur unter Berücksichtigung des Vergrößerungsfaktors, der von der Position des Kopfes während der Exposition abhängig ist, durchgeführt werden sollte. Auf das Problem der einstellungsbedingten Fehlerquelle bei der

metrischen Auswertung von Panoramabildern wiesen auch ZÄSCHKE und SCHOPF (1975) hin.

Einige Studien zeigen, dass eine verfahrensbedingte Vergrößerung sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung zu berücksichtigen ist, wobei die Vergrößerung eher in der Horizontalen denn in der Vertikalen stattfindet (SCHOPF 1966, 1969, JUNG 1973, WANGERIN 1984, LARHEIM UND SVANAES 1986, KAEPLER et al. 1995, WYATT et al. 1995, VOLCHANSKY et al. 2006).

SCHIFF et al. (1986) und AKARSLAN et al. (2003) berichteten, dass die häufigsten Fehler in der Panoramascichtaufnahme bei der Positionierung der Patienten entstehen. Eine solche Fehlpositionierung hat zur Folge, dass anatomische Strukturen, die nicht exakt in der Schichtmitte platziert sind, verzerrt dargestellt werden (TRONJE et al. 1981). In zahlreichen Studien wurde jedoch festgestellt, dass vertikale Messungen im Vergleich zu horizontalen in der Panoramascichtaufnahme gegenüber Fehleinstellungen relativ unempfindlich sind (SCHOPF 1966, McIVER et al. 1973, JANSEN et al. 1993, TRUHLAR et al. 1993, XIE et al. 1996, WINDISCH 1997, XIE et al. 1997, STRAMOTAS et al. 2002, YEO et al. 2002). Die meisten dieser Untersuchungen wurden jedoch im Bereich der zahntragenden Abschnitte der Kiefers durchgeführt.

SCHULZE et al. (2000a) untersuchten die Auswirkung von Fehlpositionierungen auf Vergrößerungsfaktoren im Unterkiefer. Sie stellten fest, dass horizontale Messungen stark positionierungsabhängig und schwer reproduzierbar sind. Zum selben Ergebnis kamen ebenfalls LASTER et al. (2005), die anhand 30 unterschiedlicher Schädel die Genauigkeit von Unterkiefermessungen untersuchten. Sie notierten die größten Unterschiede bei horizontalen Messungen. Allerdings seien horizontale Messungen im posterioren Bereich des Unterkiefers möglich. Die Konstanz der Ramusregion wird auch von KOEPPE (1973) beschrieben. ZACHER (1991) führte symmetrische Breitenmessungen des Ramus ascendens durch, wies auf eine nur geringe Vergrößerung der horizontalen Strecken vor allem bei normalbreiten und weiten Kieferformen hin und meinte, dass ein individueller horizontaler Vergrößerungsfaktor im Ramusgebiet nicht erforderlich sei. PASLER und VISSER (2003) beschrieben die horizontale Vermessung des Ramus ascendens zur Selbstkontrolle der erreichten Bildqualität.

Fehlbeurteilungen der Vertikal- und Horizontaldimensionen sind daher aufgrund der Kopfhaltung im Gerät (Extension/Flexion, Lateralneigung, Rotation), durch Messfehler in der Aufnahme oder durch projektionsbedingte Diskrepanzen möglich.

Zu den kritischen Betrachtungen der metrischen Analyse soll bemerkt werden, dass zwar zu Beginn der Arbeit quantitative Längenmessungen vorgenommen wurden, diese aber für qualitative Aussagen zwischen den beiden untersuchten Gruppen dienen. Die Veränderungswerte wurden miteinander verglichen und interpretiert.

4.1.3 Vermessung der anatomischen Strecken

In der vorliegenden Untersuchung wurden zur Objektivierung der visuellen Ergebnisse aus den paarigen anatomischen Messwerten Differenzen gebildet. Die resultierenden Differenzbeträge sind somit weitgehend unabhängig von den absoluten Messwerten und erlauben dadurch den Vergleich zwischen verschiedenen Patienten. Der Zungenschatten stellt sich auf der Panoramaschichtaufnahme als eine anatomische Struktur dar, folglich konnte hier kein Differenzbetrag ermittelt werden.

Vertikale Zungenposition

Einer der bis dato häufigsten Positionierungsfehler, der Zungenschatten, wurde bisher nur qualitativ auf Panoramaschichtaufnahmen bewertet (SCHIFF et al. 1986, BREZDEN und BROOKS 1987, RUSHTON et al. 1999, AKARSLAN et al. 2003, ALFALEH 2005, BOEDDINGHAUS und WHYTE 2006, KULLMAN und BOBBY 2006). Allerdings wurde in den vorliegenden Arbeiten keine Aussage über die Größe des Zungenschattens gemacht.

Die quantitative Auswertung der Panoramaschichtaufnahme zur Feststellung der vertikalen Zungenposition erfolgte mittels einer eigens entwickelten Methodik. Deshalb ist ein Vergleich mit anderen Untersuchungen in diesem Punkt nur begrenzt möglich.

ECKERT-MÖBIUS (1953) untersuchte die Zungenbewegung auf Kontrast-Röntgenprofilaufnahmen des Gesichtsschädels. Nach Markierung eines medianen Röntgenkontrastbreitstreifens auf Zunge- und Gaumenoberfläche beobachtete er vertikale Zungenbewegungen nach dem Schluckakt. In Anlehnung an ECKERT-

MÖBIUS (1953) untersuchten ENGELKE et al. (2006) bei 90 aufeinander folgenden Patienten die vertikale Zungenposition am Fernröntgenseitenbild. Dabei wurden zwei Fernröntgenbilder – ohne ZRM und mit ZRM – pro Patient angefertigt und der Abstand des Zungenrückens im rechten Winkel zur Nasallinie ausgemessen.

Seitliche Kippung des Kopfes

In der Literatur wurde bereits erwähnt, dass Asymmetrien der Kiefer einschließlich der Kiefergelenke in Größe und Länge aufgrund der seitlichen Kopfkipfung entstehen und damit eine falsche Vertikalpositionierung in der Mediansagittalen vorliegt.

GLASS et al. (1994) schlugen beidseitige Distanzmessungen vom Kieferwinkel zur Unterkante des Filmes vor, um das Ausmaß der seitlichen Kopfkipfung zu ermitteln. FREITAG und OESER (1977) stellte fest, dass Panorama-Schichtverfahren brauchbare Darstellungen der Kiefergelenke liefern. ZÄSCHKE und SCHOPF (1975) benutzten zur metrischen Analyse den Abstand der Gelenkköpfchen und maßen diese an der lateralen Kontur. Da GUNDLACH (1990) die Beurteilbarkeit der lateralen Pole der Gelenkwalze einschränkte, wurden in dieser Arbeit die oberen Konturen als Messpunkte gewählt. WINDISCH (1997) versuchte mittels metrischer und visueller Analyse verschiedene Patientenfehleinstellungen auf der Panoramaschichtaufnahme zu identifizieren. Dabei wurde ebenfalls die Kopfneigung um die dorso-ventrale Achse anhand des am weitesten kranial gelegenen Punktes der Kiefergelenkkontur zum Oberrand der Panoramaschichtaufnahme vermessen.

Drehung des Kopfes

Auf Grund der anatomischen Beziehung zwischen Kondylus und aufsteigendem Ast lag es nahe, dass sich die Lage des Ramus ascendens ebenfalls bei unterschiedlichen Positionen des Kopfes verändert und deshalb in die Untersuchung mit einbezogen wurde.

WINDISCH (1997) maß die Rami ascendentes an deren breitesten Stellen zur Identifizierung fehlerhafter Kopfpositionierungen um die kranio-dorsale Achse. PASLER und VISSER (2001) maßen zur Beurteilung der Bildqualität den aufsteigenden Kieferast, um das Ausmaß einer asymmetrischen Positionierung festzustellen. Sie meinen, dass symmetrisch angeordnete Strukturen auf Panoramaschichtaufnahmen in Beziehung zueinander gesetzt werden können und zur

Vermessung geeignet sind. Dies wurde von CATIC et al. (1998) bestätigt. Sie schlugen vor, dass Messwerte der Vertikalen, der Horizontalen und der Schräge einer Seite der Mandibula auf die gegenüberliegende übertragen werden können, um regelrechte Positionierungen des Kopfes zu analysieren. ZACHER (1991) nahm Breitenmessungen am Ramus ascendens vor und untersuchte den Einfluss unterschiedlicher Schädelgrößen auf die Abbildung im Röntgenbild.

Ein weiterer Grund für die Wahl aller drei Strukturen war die Tatsache, dass sie metrisch zu erfassen waren und die Distanzen für einen Behandler im routinemäßigen Praxisablauf auch ohne Hilfsmittel gut einschätzbar wären.

4.1.3.1 Reproduzierbarkeit der Streckenausmessungen auf den Panoramaschichtaufnahmen

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind insgesamt durch eine hohe Reproduzierbarkeit gekennzeichnet. Dies zeigt sich in der geringen Variation der Messdaten innerhalb der untersuchten Stichproben. Somit sind bereits die einmalig erhobenen Daten bei der Vermessung einer einzeln vorliegenden Panoramaschichtaufnahme zuverlässig.

WINDISCH (1997) und ENGELKE et al. (2006) stellten für diese Messmethodik einen maximal auftretenden Messfehler von $\pm 0,5$ mm der anatomischen Strecken fest.

Beeinflusst werden die Messergebnisse durch Fehler bei der Lokalisation der interessierenden Strukturen auf den Panoramaschichtaufnahmen aufgrund mangelnder Erfahrung bei der Interpretation, wie LAM et al. (1995) in ihrer Studie zeigten. Nach HOUSTON (1983) bestehen weitere Fehlermöglichkeiten, wenn ein exaktes Wiederaufsuchen des Referenzpunktes nicht möglich ist. So besteht die häufigste Ursache für einen willkürlichen Fehler in der Schwierigkeit, einzelne Referenzpunkte zu erkennen.

Allein die unterschiedliche Einstellung von Spannung und Stromstärke führt nach SCHMUTH (1971) zu einer verschiedenartigen Darstellung von Grenzflächen auf dem Röntgenbild.

Systematische Fehler entstehen dann, wenn die Geometrie von Aufnahmen variiert. Ebenso kann ein systematischer Fehler vorliegen, wenn ein Untersucher seine

Praktik im Laufe der Untersuchung durch die zunehmende Erfahrung ändert und damit verschiedenen Konzepte in die Messungen mit einfließen (HOUSTON 1983).

Um Willkürfehler auszuschließen, schlägt HOUSTON (1983) vor, die Vermessung mehrmals zu wiederholen. Eine andere Möglichkeit, systematische Fehler zu kontrollieren, besteht in der Randomisierung der Reihenfolge, in der die Aufnahmen ausgemessen werden (SANDER 1989, KAMOEN et al. 2001).

Die Vermessung der Röntgenbilder erfolgte nach entsprechender Einübung durch eine Person. Dies eliminierte die interindividuelle Fehlervariabilität und der Messfehler wurde deswegen mit einem Einzeluntersucher als gleich bleibend angesehen. Es ist bekannt, dass verschiedene Messmethoden merklich unterschiedliche Fehler innerhalb eines Untersuchers ergeben werden (MEIJER et al. 1993), aber es ist generell akzeptiert, dass das Ergebnis eines Einzeluntersuchers mit jeglicher Methode relativ reproduzierbar ist (McIVER et al. 1973, GRÖNDAHL et al. 1998, SCHULZE et al. 2000b).

Zusammenfassend war die hohe Reproduzierbarkeit der Messungen nicht nur auf die gute Identifizierbarkeit der den einzelnen Messstrecken zugrunde liegenden Referenzpunkte zurückzuführen. Auch die Tatsache, dass die Röntgenbilder von nur einem Betrachter ausgemessen wurden, trug zur hohen Reproduzierbarkeit bei. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die in der Praxis durchgeführten Messungen einer größeren Streuung unterliegen. Die anatomische Variation der untersuchten Patienten, Fehler bei der Interpretation und der Vermessung von Röntgenbildern sowie die Inter- und Intraobserver-Variabilität der Messungen sind Faktoren, die die Reproduzierbarkeit des Verfahrens herabsetzen können.

4.1.4 Visuelle Fehlerbeurteilung auf den Panoramaschichtaufnahmen

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit, wurden die Panoramaschichtaufnahmen nach einer modifizierten Fehlerliste gemäß AKARSLAN et al. (2003) visuell beurteilt. Dabei wurde zwischen Positionierungsfehlern und technischen Fehlern differenziert. Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit der visuellen Fehlerbeurteilung von Panoramaschichtaufnahmen (SEIDEL 1974, SCHIFF et al. 1986, BREZDEN und BROOKS 1987, BROSE 1992, GLASS et al. 1994, RUMBERG et al. 1996, RUSHTON et al. 1999, AKARSALN et al. 2003, RAHN und JAKOBS 2004, AL-FALEH 2005, KULLMAN und BOBBY 2006). Ein Vorteil dieses Vorgehens besteht darin, dass Untersucher zügig und ohne größeren Aufwand die Qualität der PSA vor der eigentlichen Diagnosestellung überprüfen könnten (BEHFAR 2005).

Die Interpretation der Röntgenbilder ist weitgehend von der Erfahrung des Betrachters (ROTHER 2001) als auch von dessen seelischer Verfassung und Einsichtfähigkeit abhängig (JUNG 1987). So ist es nicht auszuschließen, dass andere Betrachter zu geringfügig anderen Ergebnissen gekommen wären. Es wurden deshalb nur solche Fehler erfasst, die eindeutig und ohne Zuhilfenahme ergänzender Röntgenbilder erkennbar waren und schon früher in der Literatur beschrieben wurden (RUDZIT und ROTHKE 1984, BROSE 1992, ROTHER 2001, PASLER und VISSER 2003, RAHN und JAKOBS 2004, PASLER 2008). Um den Unsicherheitsfaktor hinsichtlich subjektiver Beurteilung klein zu halten, wurde die Auswertung der Röntgenaufnahmen unter standardisierten Bedingungen ebenfalls durch ein und denselben Untersucher durchgeführt. Um eine möglichst optimale Beurteilung zu erreichen, wurden die Aufnahmen an einem Röntgenbildbetrachter mit PSA-Format unter Zuhilfenahme einer dazugehörigen Lupe bewertet. Dabei wurden sowohl bei den Positionierungsfehlern als auch bei den technischen Fehlern reine Ja/Nein-Entscheidungen getroffen.

Die visuelle Beurteilung des Parodontalspalt auf Panoramaschichtaufnahmen erfolgte in Anlehnung an GRUBER und SONNABEND (1989). Sie untersuchten an 100 Patienten die Erkennbarkeit des Desmodontalspalt und benutzten als Beurteilungskriterium ausschließlich einen durchgehenden Parodontalspalt. Ebenso untersuchte BROSE (1992) die Erkennbarkeit des Parodontalspalt an vier verschiedenen Zähnen und beurteilte die Detailerkennbarkeit nach den Kriterien sehr

gut, gut, ausreichend und ungenügend. In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Auswertung des Parodontalspaltens in „komplett“, „teilweise“ und „gar nicht sichtbar“. Die Auswertbarkeit nach diesen Kriterien ließ sich nicht durch Absolutwerte definieren. Das zweifellos subjektiv eingefärbte Urteil war jedoch relativ streng, da andere Untersucher mit ähnlicher Erfahrung manchen Fall noch als „komplett sichtbar“ ausgewertet hätten.

Die Auswertung erfolgte nur an den Molaren und Frontzähnen im Oberkiefer. Da auf den Panoramaschichtaufnahmen der Prämolarenbereich nicht orthoradial von den Strahlen getroffen wird, sind bei vollständiger und dichtstehender Zahnreihe Fehler bei der Interpretation der Approximalräume sowie Parodontalspalten möglich (JUNG 1972b, JUNG 1973, SEIDEL 1974, VISSER 1999).

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Metrische Ergebnisse

4.2.1.1 Vertikale Zungenposition

Die vorliegende Arbeit konnte trotz der noch geringen Fallzahl der Untersuchungen klar demonstrieren, dass das Zungenrepositionsmanöver zu einer erheblichen Veränderung der Zungenposition in der Mundhöhle und dementsprechender Verringerung des Zungenschattens auf der Panoramaschichtaufnahme führt. Schon in früheren Studien wurde versucht, mittels Ultraschalluntersuchungen (WEIN et al. 1988, PENG et al. 2007), Elektropalatographie (HARDCASTLE et al. 1991) sowie unter Verwendung intraoraler Sensoren (ENGELKE und HOCH 1999), Veränderungen der Zungenlage zu beobachten. Allerdings war dies für die diagnostische Routine nachteilig, da es für die Patienten mit einem größeren apparativen Aufwand verbunden ist.

Die bisherigen Studien zur radiologischen Untersuchung der vertikalen Zungenposition (ECKERT-MÖBIUS 1953, ENGELKE 2003, ENGELKE et al. 2006), beschränkten sich auf das Fernröntgenseitenbild, wobei die Reduzierung der Zungen-Gaumen-Distanz mittels ZRM nur durch ENGELKE et al. (2006) mit statistischen Daten belegt wurde. In der gegenwärtigen Studie wurde die vertikale

Zungenposition erstmalig anhand der Panoramaschichtaufnahme untersucht und anschließend vermessen.

Die Ergebnisse der vertikalen Zungenposition zeigten durch das ZRM eine signifikante Reduzierung der Zungen-Gaumen-Distanz in allen drei Messregionen im Vergleich zur Kontroll-Gruppe. In Regio 16 verringerte sich der Abstand von durchschnittlichen 6,4 mm in der Kontroll-Gruppe auf 1,0 mm in der MTP-Gruppe. Median-sagittal von 8,0 mm auf 2,2 mm und in Regio 26 durchschnittlich von 6,5 mm auf 1,1 mm. Anhand dieser Resultate ließ sich eindeutig darstellen, dass eine vollständige Gaumenkontaktposition der Zunge, die „Zungenparkposition“, mittels ZRM erreicht wurde und damit eine signifikante Reduzierung des Zungenschattens gelang.

Zu ähnliche Ergebnissen kamen ENGELKE et al. (2006). Sie untersuchten die Fernröntgenseitenbilder von 90 Patienten. Es wurden zwei Röntgenbilder, mit und ohne ZRM, erstellt und der Abstand von der Zunge zu der Mitte der Nasallinie gemessen. Dabei fanden sie ebenfalls eine signifikante Abnahme der durchschnittlichen Zungen-Gaumen-Distanz von 12,3 mm auf 3,1 mm.

Auch ECKERT-MÖBIUS (1953) zeigte nach Aufbringen eines Röntgenkontrastmittels auf Zungen- und Gaumenoberfläche die direkte Anlagerung der ganzen Zunge an den harten und weichen Gaumen nach einem Schluckakt, jedoch ohne dies durch entsprechende Daten zu bestätigen.

4.2.1.2 Seitliche Kippung des Kopfes

Die Auswertung der seitlichen Kippung des Kopfes innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen zeigte keinen signifikanten Einfluss des Zungenrepositionsmanövers auf eine Kippung um die dorso-ventrale Achse im Vergleich zur Kontroll-Gruppe. Die durchschnittliche Streckendifferenz der Kiefergelenkköpfchen zum Oberrand der PSA war mit 2,9 mm in beiden Untersuchungsgruppen identisch. Die gleichen Differenzbeträge sind möglicherweise auf die regelmäßige Anwendung der Kinnstütze an allen Patienten zurückzuführen. Eine Kippung um die dorso-ventrale Achse wird meist durch die Stirnstütze verhindert bzw. geringfügig gehalten (BROSE 1992).

WINDISCH (1997) untersuchte mittels metrischer und visueller Analyse von Panoramaschichtaufnahmen verschiedene Patientenfehleinstellungen am Röntgengerät.

Dazu wurde ein mazerierter Schädel auf ein individualisiertes Stativ montiert und in jeweils vier verschiedenen Schweregraden, entsprechend den im klinischen Routinebetrieb zu erwartenden Patientenfehleinstellungen, am Röntgengerät ausgerichtet. So zeigte die Untersuchung von WINDISCH (1997), bei steigender Neigung um die dorso-ventrale Achse nach links, eine Zunahme der Differenzbeträge, die die Lage der Kiefergelenke im Seitenvergleich kennzeichneten. Das linke Kiefergelenk zeigte gegenüber dem rechten eindeutig die Tendenz, mit zunehmender Fehlpositionierung abzusinken.

4.2.1.3 Drehung des Kopfes

Ähnlich der Kopfkippung zeigte auch die Auswertung der Drehung des Kopfes keinen signifikanten Einfluss des Zungenrepositionsmanövers auf eine Drehung um die kranio-kaudale Achse im Vergleich zur Kontroll-Gruppe. Die durchschnittliche Streckendifferenz der Ramusbreiten lag in der MTP-Gruppe bei 2,85 mm und bei 2,25 mm in der Kontroll-Gruppe.

Damit konnte gezeigt werden, dass sich mögliche Kopffehlpositionierungen durch das ZRM und den Einsatz der Membrantrichterplatte nicht auf die Resultate auswirken.

WINDISCH (1997) zeigte in einem weiteren Teil ihrer Studie, dass bei der linkslastigen Drehung des mazerierten Schädels um die kranio-kaudale Achse, der rechtsseitige Ramus ascendens verbreitert war.

PASLER und VISSER (2001) stellten eine Methode vor, um die Beurteilung der Bildqualität im Routinebetrieb zu vereinfachen. Dabei können die durchgeführte Positionierung des Schädels mit horizontalen und vertikalen Linien markiert und symmetrisch angenommene Strukturen in Beziehung zueinander gesetzt werden. Bei Abweichungen um die kranio-kaudale Achse können die Ramusbreiten (aufsteigenden Unterkieferäste) vermessen werden, um so das Ausmaß der asymmetrischen Positionierung quantitativ zu bewerten.

ZACHER (1991) führte unter Anderem metrische Analysen des Ramus mandibulae durch. Dazu wurden mehrere mazerierte Schädel unterschiedlicher Größe in verschiedenen Positionierungen radiologisch untersucht. Die Drehung des Schädels um die longitudinale Achse erfolgte in drei Gradschritten von der rechten Position bei

+12 Grad bis zur linken Position bei -12 Grad. Dabei stellte der Autor eine 10%ige Breitenzunahme des rechten Ramus bei gleichzeitiger Abnahme der linken Ramusbreite um 10% fest. Zusätzlich wurde beim Vergleich der horizontalen Breitenstrecke des Ramus direkt am OPG mit der jeweiligen Schädelssituation deutlich, dass bei normalen und breiten Kieferformen nur leichte Unterschiede erkennbar waren und damit ein individueller Vergrößerungsfaktor im Ramusgebiet nicht erforderlich zu sein scheint.

Damit konnte insgesamt gezeigt werden, dass mögliche Kopffehlpositionierungen in horizontaler wie auch vertikaler Richtung (Seitwärtsneigungen oder Drehungen des Kopfes) durch das ZRM und den Einsatz der Membrantrichterplatte nicht auftreten.

4.2.2 Beurteilung der visuellen Ergebnisse

4.2.2.1 Positionierungsfehler

Die diagnostische Qualität einer Panoramaschichtaufnahme ist stark von der sorgfältigen Beachtung technischer und entwicklungsbedingter Faktoren abhängig. Eines der großen Probleme ist die Patientenpositionierung vor der Aufnahme (AL-FALEH 2005, KULLMAN und BOBBY 2006).

In der vorliegenden Arbeit zeigten 72% der PSA innerhalb der Kontroll-Gruppe einen Zungenschatten. Dies war gleichzeitig der häufigste Positionierungsfehler. Wie schon anhand der metrischen Daten erkennbar ist, reduzierte sich durch das ZRM der Zungenschatten signifikant auf 20,7% in der MTP-Gruppe.

Vergleichbare Untersuchungen hinsichtlich der häufigsten Positionierungsfehler wurden von mehreren Autoren vorgelegt. RUSHTON et al. (1999) untersuchten 1813 Panoramaschichtaufnahmen von 41 Zahnärzten hinsichtlich verschiedener Positionierungsfehler und technischer Fehler. Dabei fanden sie bei 71,6% der PSA einen Zungenschatten aufgrund der fehlenden Zungenkontaktposition mit dem Gaumen. Vergleicht man das Ergebnis der Kontroll-Gruppe mit diesem Wert, so kann man feststellen, dass unser Wert in derselben Größenordnung liegt.

AL-FALEH (2005) untersuchte 500 Panoramaschichtaufnahmen inaktiver Patientenakten, die von technischen Assistenten einer Universitätsklinik erstellt wurden. Sämtliche Aufnahmen wurden hinsichtlich sechs bestimmter Positionierungsfehler beurteilt. In 81,8% war der Zungenschatten als radioluzentes Band über den Wurzeln

der Oberkiefer-Zähne sichtbar und damit der häufigste Positionierungsfehler dieser Studie. Diese hohe Zahl erklärte der Autor mit einer fehlenden Kommunikation zwischen technischem Assistent und Patienten aufgrund unterschiedlicher Sprachen und der damit verbundenen Schwierigkeit, dem Patienten zu erklären, die gesamte Zunge fest an den Gaumen zu drücken. Dieses Ergebnis ist ebenfalls mit dem Wert der Kontroll-Gruppe der vorliegenden Untersuchung vergleichbar.

AKARSLAN et al. (2003) beurteilten 460 Panoramaschichtaufnahmen bezüglich der 20 häufigsten Fehlerarten. Sie stellten fest, dass 46,3% der Röntgenbilder infolge des fehlenden Anhebens der Zungen an den Gaumen einen Luftraum über der Zunge zeigten. Der daraus resultierende Zungenschatten war der häufigste Fehler, gefolgt von der Überlagerung des Zungenbeins auf den Unterkiefer (26,3%). Der von AKARSLAN et al. (2003) ermittelte Wert ist damit niedriger, als in der Kontroll-Gruppe der vorliegenden Untersuchung, was sich eventuell dadurch erklären lässt, dass nur Röntgenaufnahmen erwachsener Patienten einbezogen wurden, da zusätzliche Röntgenbilder von Kindern möglicherweise eine höhere Fehlerquote zur Folge gehabt hätten.

RUDZIT wertete 1992 nach Überweisung 140 alio loco angefertigte und von Patienten mitgebrachte fehlerhafte Panoramaschichtaufnahmen aus. Es fanden sich insgesamt 606 Fehler, deren Ursachen analysiert wurden. Dabei stellte sie bei 42,1% der Aufnahmen eine fehlerhafte Zungenhaltung am Gaumen fest. Die Autorin kommt damit zu einem ähnlichen Ergebnis wie AKARSLAN et al. (2003), macht allerdings keine Aussage darüber welches Patientenkollektiv in die Auswertung herangezogen wurde, was das etwas niedrigere Ergebnis im Vergleich zu unserer Kontroll-Gruppe erklären könnte.

Auch andere Studien beurteilten die Zungenfehlage auf der PSA und bezeichnen den Zungenschatten als einen der häufigsten Positionierungsfehler (SCHIFF et al. 1986, BREZDEN und BROOKS 1987, GLASS et al. 1994, RAHN und JAKOBS 2004, KULLMAN und BOBBY 2006). Allen Studien ist gemeinsam, dass die Zungenfehlage extraoral nicht erkennbar ist. In der Folge kann der radiologische Assistent die genaue Zungenposition nicht bestimmen, kontrollieren und korrigieren und ist somit abhängig von der Patientenkooperation und der verständlichen Instruktion. McCANN (2000) und SERMAN et al. (2002) beschreiben, dass es hilfreich sein könnte, den Patienten anfangs zu fragen, wo die Position der Zunge während einer natürlichen Schluckbewegung ist und dies bewusst zu erfüllen. Viele Patienten

heben die Zunge erst nach entsprechender Instruktion an den Gaumen. GLASS et al. (1994) empfehlen die Patienten ein „Klick-Laut“ erzeugen zu lassen und dabei zu fühlen, wie sich die Zunge gegen den Gaumen anlegt.

Um den Zungenschatten auf PSA zu vermeiden, muss die Zunge in der Schluckposition am Gaumen platziert und während der kompletten Aufnahme in dieser Position beibehalten werden. Wenn der Patient durch den radiologischen Assistenten nicht zur Einnahme der „Schluckposition“ instruiert wird, platzieren die Patienten ihre Zunge oftmals zu weit nach hinten und erzeugen auf dem resultierenden Röntgenbild einen gleichmäßig großen Aufhellungsstreifen (SERMAN et al. 2003). Trotz der richtigen Anweisungen, die durch die radiologischen Assistenten gegeben werden, verstehen die Patienten diese gelegentlich falsch, legen nur die Zungenspitze an den Gaumen oder schenken dem Assistenten einfach nicht genug Aufmerksamkeit (AL-FALEH 2005). Diese Faktoren könnten Gründe für die hohe Fehlerquote der Zungenschatten in den bisherigen Studien sein (SCHIFF et al. 1986, BREZDEN und BROOKS 1987, RUSHTON et al. 1999, AKARSLAN et al 2003, AL-FALEH 2005).

Anhand der hohen Fehlerquoten ist somit erkennbar, dass die richtige Instruktion des Patienten keine Garantie für eine fehlerfreie Mitarbeit während der Aufnahme ist (SCHIFF et al. 1986, AKARSLAN et al. 2003).

Bislang wurde keine Kontrollmethode beschrieben mit deren Hilfe die hohe Fehlerquote des Zungenschattens reduziert werden könnte. Die Reduzierung der Zungen-Gaumen Distanz durch das Zungenrepositionsmanöver ist bisher nur am Fernröntgenseitenbild nachgewiesen (ENGELKE et al. 2006). Hingegen testete bisher keine Studie das ZRM an der Panoramaschichtaufnahme.

Zusammenfassend gibt diese Studie den Nachweis, dass der Zungenschatten als einer der häufigsten Fehler auf PSA durch einen einfachen Kontrollmechanismus, basierend auf einem für Assistent und Patient unterstützenden Biosignal, korrigiert und verringert werden kann. Beide erhalten eine objektive Information, ob eine geschlossene Ruhelage mit Anlagerung der Zungen an den harten und weichen Gaumen erfolgt ist.

Auf 50% der PSA innerhalb der MTP-Gruppe, war eine ansteigende Okklusionsebene zu erkennen. Dies war der häufigste Positionierungsfehler in der MTP-Gruppe. Im Vergleich dazu war in der Kontroll-Gruppe auf 32% der Aufnahmen ein Anstieg der Okklusionsebene sichtbar. Obwohl an den Panoramaschichtgeräten

entsprechende Orientierungshilfen vorhanden sind, werden falsche Kopfpositionierungen relativ häufig beobachtet (SEIDEL 1974, BAYERTHAL 1980, BRINGEWALD 1984, KRETER et al. 1984, SCHIFF et al. 1986, GLASS et al. 1994). Eine Abweichung des Kopfes von der Horizontalebene zeigt sich an einer veränderten Abbildung der Okklusionsebene mit einer Verstärkung des Bogens (Neigung nach vorne) oder einer wellenförmigen Abbildung (Neigung nach hinten) (RAHN und JAKOBS 2004, PASLER 2008).

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen SCHIFF et al. (1986). Sie untersuchten in ihrer Studie retrospektiv 1000 Panoramaschichtaufnahmen verschiedener Patientenakten hinsichtlich unterschiedlicher Positionierungs- und Technikfehler. Dabei zeigten die Autoren, dass geübte MTRAs in 14,4% der Fälle das Kinn zu niedrig einstellten, wohingegen dieses bei der Gruppe der ungeübten Behandler in 31,7% der Fälle zutraf und gleichzeitig der häufigste Positionierungsfehler in dieser Gruppe war.

RAHN und JAKOBS (2004) untersuchten insgesamt 1388 aus verschiedenen zahnärztlichen bzw. kieferchirurgischen Praxen zufällig ausgewählte Panoramaschichtaufnahmen hinsichtlich verschiedener Fehler. Dabei waren die Abweichungen in der Horizontalen mit 24,9% der Aufnahmen am häufigsten, d.h. bei 107 Röntgenaufnahmen war der Kopf zu weit nach vorne geneigt. Jedoch liegen die Ergebnisse der vorangegangenen Studien eher in der Größenordnung der Kontroll-Gruppe.

Die Ausrichtung der Horizontalebene mit Hilfe des Lichtvisiers ist bei schwierigen Patientenkonstitutionen nicht einfach (SCHIFF et al. 1986, AKARSLAN et al. 2003), da die Frankfurter Horizontale bzw. deren Fixpunkte am Kopf nur indirekt auffindbar und einstellbar sind. Die Definition der Frankfurter Horizontalen bezieht sich ursprünglich auf knöcherne Strukturen (Porus acusticus externus und unterer Orbitarand). Am Patienten sind diese Strukturen von Weichgewebe überlagert und die FHE kann somit nur abgeschätzt werden (MACHEMEHL 2003). Der hohe Anteil dieses Einstellfehlers innerhalb beider Gruppen dürfte dadurch auf die Unkenntnis oder Unsicherheit der MTRAs hinsichtlich der korrekten Positionierung in dieser Ebene zurückzuführen sein (BROSE 1992). Die höhere Fehlerquote der MTP-Gruppe im Vergleich zur Kontroll-Gruppe könnte sich dadurch erklären lassen, dass möglicherweise die Aufmerksamkeit hinsichtlich der korrekten Positionierung des Kopfes in Richtung der korrekten Ausführung des ZRM verschoben war.

Zur Vermeidung dieses hohen Anteils an Einstellfehlern können eine intensivere Einweisung des Personals an den Geräten sowie eine sorgfältigere Überwachung

der eigenen Einstellposition im Gerät sinnvoll sein. Allerdings meinen SCHIFF et al. (1986) auch, dass aufgrund der Statur, Gesichtsasymmetrie, Behinderung oder der Unfähigkeit genauen Anweisungen zu folgen, eine exakte Kopfpositionierung des Patienten nicht in allen Fällen optimal zu realisieren ist. In der Literatur sind allerdings doch auch unterschiedliche Ergebnisse in Bezug auf die Neigung der Okklusionsebene zu finden. GLASS et al. (1994) ermittelten in 41,3% der Aufnahmen eine zu flach eingestellte Kauebene. Auch RUDZIT (1992), DE BUHR et al. (1984) und AKARSLAN et al. (2003) ermittelten eine wesentlich größere Anzahl zu flach als zu steil eingestellter Aufnahmen. Im Gegensatz dazu zeigen die hier vorliegenden Ergebnisse sowie die von MACHEMEHL (2003), SCHIFF et al. (1986) und CATELLI et al. (1987) veröffentlichten Resultate eine größere Anzahl zu steil als zu flach eingestellter Aufnahmen. Bei KRETER et al. (1984) war die fehlerhafte Neigung der Okklusionsebene etwa gleich verteilt.

Die Ursache dieser unterschiedlichen Bewertung lag möglicherweise in der subjektiven Ansicht für die korrekte Einstellung der Okklusionsebene. In kaum einer Veröffentlichung war dargestellt, nach welchem Kriterium die Aufnahme als zu flach oder zu steil bewertet wurden. Nur bei JUNG und SCHAPPACHER (1984) und DE BUHR et al. (1984) waren konkrete Hinweise auf den Messmodus zu finden. Sie definierten Aufnahmen mit einer Neigung im Seitenzahnbereich von 6 ± 2 Grad als fehlergestellt. Jedoch machten die Autoren keine Aussage über die Methode ihrer Messung und legten die Gradzahl willkürlich fest.

4.2.2.2 Technische Fehler

Auf 37,3% aller Aufnahmen innerhalb der MTP-Gruppe war ein strahlendichter Fremdkörper zu finden. Dies war der häufigste technische Fehler der MTP-Gruppe und signifikant höher als in der Kontroll-Gruppe, in der er nur 0,1% betrug. Von den insgesamt 53 radiopaquen Artefakten fanden sich zwei Schatten von metallischen Ohringen, die aufgrund ihrer überlagernden Doppelabbildung störend sein können (WANGERIN und LAMBRECHT 1984), und 51 kleine kreisrunde Schatten von den Trichtern der MTP auf den Unterkiefer Frontzähnen.

Auch in anderen Studien machte das Belassen von Fremdkörpern im Bereich des Strahlengangs, die sich auf der Aufnahme als störende Überlagerungen zeigten,

einen nicht unerheblichen Anteil der Fehler aus (BREZDEN und BROOKS 1987, BROSE 1992, RUSHTON et al. 1999, RAHN und JAKOBS 2004). So fanden BREZDEN und BROOKS (1987) auf 500 untersuchten PSA 88 radiopaque Artefakte. Dabei handelte es sich um Ohringe, Bleischürzen, Brillen und Prothesen.

RAHN und JAKOBS (2004) fanden auf 187 Aufnahmen (13,5%) strahlendichte (metallische) Fremdkörper. Am häufigsten handelte es sich um in der Mundhöhle belassene Prothesen, extraorale Fremdkörper wie Halsketten oder Brillen und Ohringe. BROSE (1992) fand auf kapp 15% aller Aufnahmen strahlenundurchlässige Fremdkörper. In der Hälfte der Fälle waren Teile der Bleischürze und Ohringe im Strahlengang zu erkennen.

Eine Besonderheit stellen die extraoralen Fremdkörper, wie z.B. Ohringe dar. Sie werden während des Umlaufs zweimal durchstrahlt und deshalb auch zweimal abgebildet. Bei der zweiten Abbildung befindet sich die Röhre nah am Objekt und der Film objektfern, so dass die Abbildung unscharf, horizontal verwischt und, im Vergleich zur Erstabbildung, deutlich größer ist. Diese Zweitabbildungen werden als „Phantomschatten“ oder „ghost images“ bezeichnet und zeigen sich meist im Bereich des kontralateralen Kieferhöhlenbodens (McDAVID et al. 1983, WANGERIN und LAMBRECHT 1984, DÜKER 2000).

Die Überlagerung der MTP ist, wie aus der Abbildung 3.13 ersichtlich wird, als runder Schatten über der klinischen Krone der Frontzähne erkennbar. Durch die genannten metallischen bzw. strahlendichten Fremdkörper kann die Beurteilbarkeit der Röntgenaufnahme eingeschränkt sein.

Intra- und extraorale Fremdkörper lassen sich durch eine sorgfältigere Patientenvorbereitung und -befragung vermeiden (BRINGEWALD 1984). Um in zukünftigen Studien den Schatten der MTP zu eliminieren, könnte für den Trichter ein strahlendurchlässiges Material verwendet werden.

Insgesamt waren durchschnittlich drei Fehler pro PSA in der MTP-Gruppe und 3,5 Fehler in der Kontroll-Gruppe zu erkennen. Jeweils nur 3% der Aufnahmen waren in beiden Gruppen fehlerfrei. Diese Ergebnisse decken sich mit den Resultaten von KRETER et al. (1984). So wiesen bei ihren Untersuchungen 1,4% der Aufnahmen keinen Fehler auf. Die durchschnittliche Fehlerhäufung lag bei den Autoren bei 3,6 Fehlern pro Aufnahme und ähnelt damit der Kontroll-Gruppe. Etwas schlechtere Ergebnisse zeigte die Arbeit von RUDZIT (1992). Hier war kein Bild fehlerfrei und mit

durchschnittlich 4,7 Fehlern pro Aufnahme war auch eine deutlich höhere Fehlerquote zu erkennen. Dazu passen auch die Resultate von BREZDEN und BROOKS (1987). Sie beurteilten nur eine von 500 PSA als fehlerfrei und hatten mit 4,7 Fehlern pro Aufnahme dieselbe Fehlerquote wie RUDZIT (1992). Im Gegensatz dazu unterscheiden sich diese Resultate erheblich von denen, die SCHIFF et al. (1986) veröffentlichten. Von 1000 randomisiert und ausgewerteten Röntgenaufnahmen waren 20,3% fehlerfrei.

Eine mögliche Erklärung für die differierenden Fehlerquoten könnte in einer unterschiedlich strengen Qualitätssicherung durch das Röntgenpersonals liegen.

4.2.2.3 Detailerkennbarkeit

Bei der Beurteilung der Detailerkennbarkeit im Bereich der einzelnen Zähne konnten keine deutlichen Unterschiede zwischen MTP- und Kontroll-Gruppe festgestellt werden. An den Zähnen 12 und 22 war der Desmodontalspalt in beiden Untersuchungsgruppen in etwa 60% der Fälle nicht sichtbar. In der MTP-Gruppe war er in etwa 10% der Aufnahmen komplett sichtbar und im Vergleich dazu mit ca. 7% in der Kontroll-Gruppe nur geringfügig schlechter komplett sichtbar. Zu ähnlichen Ergebnissen an diesen Zähnen kamen auch GRUBER und SONNABEND (1989). Sie untersuchten 100 Panorama-Aufnahmen die mit dem Orthopantomographen und mit dem Panorex angefertigt wurden. Im Rahmen der Auswertung galt als Kriterium ein vollständig, ohne Einschränkung erkennbarer Desmodontalspalt. Die Oberkiefer-Schneidezähne zeigten beim Orthopantomographen 77% und beim Panorex 64% keine Erkennbarkeit des Desmodontalspalt.

Im Seitenzahnbereich war die Detailerkennbarkeit in der vorliegenden Studie insgesamt etwas günstiger zu bewerten. An den Zähnen 16 und 26 war der Desmodontalspalt in beiden Gruppen in etwa 60% der Aufnahmen teilweise und in ca. 10% komplett erkennbar. Zu diesem Ergebnis kommt auch BROSE (1992). Er untersuchte jeweils 106 Panorama-Aufnahmen aus acht verschiedenen Praxen hinsichtlich der Detailerkennbarkeit verschiedener anatomischer Strukturen. Im Rahmen der Auswertung teilte der Autor die Erkennbarkeit in vier Kategorien, von „sehr gut“ bis „ungenügend“, ein. Der Desmodontalspalt war an den Zähnen 16 bzw. 26 in ca. 65% der Aufnahmen nur bedingt erkennbar und beurteilbar.

Damit zeigen die Ergebnisse deutlich, dass die Abbildungsqualität im Bereich der Front- und Seitenzähne von mehreren Faktoren abhängig ist. Durch die alleinige Reduzierung des Zungenschattens und die damit verbundene Kontrastverbesserung (SELLE und SCHNEUZER 1972) ist die Diagnostik der Oberkieferzähne inkl. umliegender knöcherner Strukturen verbessert, allerdings wird keine schärfere Abbildung der Zähne erreicht. Denn bedingt durch die Lage und Breite der Schichtebene der Panorama-Aufnahme, liegen die Wurzeln der Frontzähne häufig außerhalb dieser und sind daher nicht detailliert abgebildet und beurteilbar (JUNG 1972b, McIVER et al. 1973, FOWLER 1991, BROSE 1992, SERMAN et al. 2002, PASLER 2008). Ebenfalls unvermeidbar ist häufig eine Überlagerung der Frontzahnregion durch die oft stark hydroxylapatithaltige Halswirbelsäule (JUNG 1973, PASLER 1973).

4.3 Klinischer Ausblick

In dieser Studie wurde die Verwendung des Zungenrepositionsmanövers an Probanden am Beispiel der Panoramaschichtaufnahme überprüft. Es zeigte sich, dass durch dieses einfache und mit einem geringen Aufwand durchführbare Manöver mit Hilfe der Membrantrichterplatte eine Stabilisierung der Zunge in der Mundhöhle mit flächenhafter Anlagerung an den harten und weichen Gaumen erreicht wird.

Dieses Ergebnis konnte ebenfalls durch eine andere Arbeitsgruppe (ENGELKE et al. 2006) nachgewiesen werden, jedoch bisher nur am Beispiel des Fernröntgenseitenbildes.

Durch diese Methode steht dem Untersucher nun ein Instrument zu Verfügung, um einen der häufigsten Positionierungsartefakte in der Panoramaschichtaufnahme, den Zungenschatten, zu eliminieren und dabei gleichzeitig objektiv die richtige Zungenposition zu kontrollieren. Keine der bisher in der Literatur beschriebenen Methoden bieten die Möglichkeit, die Zungenposition des Patienten zu überprüfen.

Dadurch kann in weiteren prospektiven Patientenstudien die immobilisierte, reproduzierbare Zungenposition für andere diagnostische Verfahren, wie z.B. CT, DVT oder MRT, genutzt werden, um eine Qualitätsverbesserung zu erzielen.

In der vorliegenden Studie kann ein weiterer Informationsgewinn anhand der Panoramaschichtaufnahmen festgestellt werden. So war in der Mehrzahl der Aufnahmen

durch das druckkontrollierte Zungenrepositionsmanöver eine Erweiterung des Pharynxraumes ersichtlich. Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, diese Information genauer zu analysieren, um dann eventuell die PSA für die Anwendung im Rahmen der Rhonchopathie zu nutzen und schon frühzeitig ein bestehendes Risiko für diese Erkrankung diagnostizieren zu können.

5. Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, mittels metrischer und visueller Analyse die Vermeidung des Zungenschattens in der Panoramaschichtaufnahme durch das Zungenrepositionsmanöver zu untersuchen und die Zungenfehllage im Panoramaschichtverfahren zu vermeiden. Es sollte geprüft werden, ob aufgrund des ZRM eventuell andere Fehler auftreten und ob durch das ZRM eine bessere Detailerkennbarkeit erreicht wird.

Hierzu wurden in einer radiologischen Querschnittsstudie insgesamt 300 Panoramaschichtaufnahmen der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Universitätsmedizin Göttingen ausgewertet. Einhundertfünfzig Patienten führten gleichzeitig mit der Panorama-Aufnahme mit Hilfe der Membrantrichterplatte das Zungenrepositionsmanöver durch, während die anderen 150 Patienten (Kontroll-Gruppe) die konventionelle Positionierungstechnik nutzten. Der Zungenschatten wurden auf jedem Röntgenbild beidseitig in Regio 16 bzw. 26 und median-sagittal vermessen. Um durch das ZRM auftretende Kopfneigungen in dorso-ventraler und kranio-kaudaler Achse zu ermitteln, wurden korrespondierende paarige anatomische Strecken vermessen und Differenzen gebildet. Die anschließende visuelle Fehlerbeurteilung erfolgte anhand einer Fehlerliste.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test sowie dem U-Test nach Wilcoxon, Mann&Whitney bzw. dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson.

Die mittelwertige Zungen-Gaumen-Distanz reduzierte sich signifikant von 6,4 mm in der Kontroll-Gruppe auf 1,0 mm in der MTP-Gruppe in Regio 16, von 6,6 mm auf 1,2 mm in Regio 26 und von 8,0 mm auf 2,2 mm median-sagittal ($p < 0,001$).

Die mittelwertige Streckendifferenz (Kiefergelenkkopf zum Oberrand der PSA) war in beiden Untersuchungsgruppen mit 2,9 mm identisch. Ein Einfluss des ZRM auf die seitliche Kopfneigung konnte nicht beobachtet werden ($p = 0,93$).

Die mittelwertige Streckendifferenz der Rami ascendentes betrug in der MTP-Gruppe 2,85 mm und in der Kontroll-Gruppe 2,25 mm. Ein signifikanter Einfluss des ZRM auf die Kopfdrehung war ebenfalls nicht ersichtlich ($p = 0,25$).

Die visuelle Analyse zeigte in der Kontroll-Gruppe auf 72% der PSA einen Zungenschatten, der auch insgesamt der häufigste Positionierungsfehler war. In der MTP-Gruppe war auf 20,6% der PSA der Zungenschatten erkennbar. Der häufigste Positionierungsfehler der MTP-Gruppe war eine ansteigende Okklusionsebene. Auf

50% der Aufnahmen war dieser Fehler sichtbar. In der Kontroll-Gruppe waren es dagegen 32% der PSA. Bei den technischen Fehlern waren die radiopaquen Artefakte (37,3%) in der MTP-Gruppe aufgrund der Membrantrichterplatte am häufigsten. Befleckte Filme (22,6%) stellten in der Kontroll-Gruppe den häufigsten Fehler dar.

Die durchschnittliche Fehlerkumulation in der Kontroll-Gruppe von 3,5 Fehlern pro Aufnahme reduzierte sich auf drei Fehler pro Aufnahme in der MTP-Gruppe.

Bei der Detailerkennbarkeit konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Untersuchungsgruppen festgestellt werden. Der Parodontalspalt war im Seitenzahnbereich (16 und 26) besser sichtbar als im Frontzahnbereich (12 und 22).

Die gegenwärtige Studie beweist, dass das Zungenrepositionsmanöver zu einer erheblichen Verhinderung der Zungenfehlage führt und damit einen der häufigsten Positionierungsfehler auf der PSA, den Zungenschatten, maßgeblich reduziert. In der Folge ist die Befundung des Oberkiefer-Frontzahnbereiches verbessert und die Diagnostik vereinfacht. Dadurch trägt das ZRM insgesamt zur Qualitätsverbesserung in der routinemäßigen Anfertigung und Auswertung zahnärztlicher Röntgenübersichtsaufnahmen bei. Für den Zahnarzt bedeutet dies eine bessere und konstante Bildqualität sowie eine Verringerung von Wiederholungsaufnahmen. In der Folge würde dies für den Patienten keine unnötige Strahlenbelastung durch Wiederholungsaufnahmen bedeuten. Allerdings muss die Frage nach einem strahlendurchlässigeren Material gestellt werden, da die MTP zu oft als Artefakt auf den PSA sichtbar ist.

6. Anhang

6.1 Protokollbogen

Nr. der PSA: _____

Messwerte:

Vertikaler Zungenschatten (in mm):

regio 16: _____

median-sagittal: _____

regio 26: _____

Seitliche Kippung des Kopfes (in mm):

rechts: _____

links: _____

Drehung des Kopfes (in mm):

rechts: _____

links: _____

Fehlerliste:

Positionierungsfehler:

Zungenschatten vorhanden:

Seitliche Kippung des Kopfes: siehe Messwert

Drehung des Kopfes: siehe Messwert

Verwischung der Frontzähne:

Okklusionsebene steigt an:

Okklusionsebene fällt ab:

Einstellung der Kopfhöhe:

Patientenbewegung:

Überlagerung des Zungenbeins:

Offene Lippen:

Technische Fehler:

- Dichte zu hoch:
- Dichte zu niedrig:
- Radiopaque Artefakte (Ohringe, Piercing, MTP):
- Film befleckt:
- Andere Fehler (Druckartefakte, Kratzer, Film verbogen):

Detailerkennbarkeit:

- Zahn:
16 _____
12 _____
22 _____
26 _____

6.2 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Schematische Darstellung der Funktion des Orthopantomographen	4
Abb. 1.2:	Anatomie in der Panoramaschichtaufnahme	6
Abb. 1.3a:	Darstellung der dentoalveolären und maxillären Region	6
Abb. 1.3b:	Darstellung der mandibulären und Kiefergelenkregion	7
Abb. 1.4:	Röntgenanatomie der Panoramaschichtaufnahme	7
Abb. 1.5:	Darstellung der Frontzähne bei Kopfbissstellung	12
Abb. 1.6:	Darstellung der Frontzähne in Schlussbissstellung	12
Abb. 1.7:	Darstellung der Frontzähne vor der Schicht	13
Abb. 1.8:	Darstellung der Frontzähne hinter der Schicht	13
Abb. 1.9:	Fehlpositionierung mit Kippung der Kauebene nach vorne	14
Abb. 1.10:	Fehlpositionierung mit Kippung der Kauebene nach hinten	14
Abb. 1.11:	Fehlpositionierung in der Mediansagittalebene	15
Abb. 1.12:	Fehlerhafte Zungenposition in der PSA	15
Abb. 1.13:	Zungenposition nach dem Schlucken	21
Abb. 1.14:	Membrantrichterplatte	23
Abb. 1.15:	Druckkontrolliertes Zungenrepositionsmanöver	23
Abb. 2.1:	Altersverteilung der Untersuchungsgruppen	26
Abb. 2.2:	Geschlechtsverteilung der Untersuchungsgruppen	26
Abb. 2.3:	Membrantrichterplatte unbezahnter Patienten	27
Abb. 2.4:	Membrantrichterplatte bezahnter Patienten	28
Abb. 2.5:	Druckkontrolle bei Patienten mit Kinnschale	29
Abb. 2.6:	Druckkontrolle bei Patienten mit Aufbissblock	29
Abb. 2.7:	Positionierung des Patienten im Röntgengerät	31
Abb. 2.8:	Positionierung des Patienten im Röntgengerät	31
Abb. 2.9:	Darstellung der anatomischen Strukturen	33
Abb. 2.10:	Orthograde PSA mit Messstrecken	34
Abb. 3.1:	Box-Plot Diagramm in Regio 16	39
Abb. 3.2:	Box-Plot Diagramm median-sagittal	41
Abb. 3.3:	Box-Plot Diagramm in Regio 26	42

Abb. 3.4:	Orthograde PSA mit partiell korrekt durchgeführten ZRM	44
Abb. 3.5:	Orthograde PSA mit inkorrekt durchgeführten ZRM	44
Abb. 3.6:	Box-Plot Diagramm für die seitliche Kippung des Kopfes	45
Abb. 3.7:	Orthograde PSA mit asymmetrischer Kopfpositionierung	46
Abb. 3.8:	Box-Plot Diagramm für die Drehung des Kopfes	47
Abb. 3.9:	Orthograde PSA mit asymmetrischer Kopfpositionierung	48
Abb. 3.10:	Prozentuale Verteilung der verschiedenen Positionierungsfehler in beiden Untersuchungsgruppen	50
Abb. 3.11:	Orthograde PSA mit fehlerhafter Zungenposition	52
Abb. 3.12:	Orthograde PSA mit fehlerhafter Kopfposition	52
Abb. 3.13:	Prozentuale Verteilung der verschiedenen technischen Fehler in beiden Untersuchungsgruppen	53
Abb. 3.14:	Orthograde PSA mit Fremdkörper im Strahlengang	54
Abb. 3.15:	Fehlerkumulation pro PSA zwischen beiden Untersuchungsgruppen	55
Abb. 3.16:	Prozentuale Verteilung der Erkennbarkeit des Desmodontalspaltes der Zähne 16, 12, 22, 26	57

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Deskriptive Statistik für Regio 16	40
Tab. 3.2:	Deskriptive Statistik für Regio median-sagittal	42
Tab. 3.3:	Deskriptive Statistik für Regio 26	43
Tab. 3.4:	Deskriptive Statistik für die seitliche Kopfkippung	46
Tab. 3.5:	Deskriptive Statistik für die Kopfdrehung	48
Tab. 3.6:	Positionierungsfehler nach Chi-Quadrat-Test	51
Tab. 3.7:	Technische Fehler nach Chi-Quadrat-Test	54

6.3 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Aufn.	Aufnahme
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
d.h.	das heißt
DVT	Digitale Volumetomographie
et al.	et alii
etc.	et cetera
Fa.	Firma
FHE	Frankfurter Horizontale
inkl.	inklusive
IQR	Interquartilsabstand
KV	Kilovolt
L	links
mA	Milliampere
Max	Maximum
mbar	Millibar
Min	Minimum
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
MTP	Membrantrichterplatte
MTRA	Medizinisch-technische radiologische Assistent/in
MW	Mittelwert
n	Anzahl
n-IOD	negativer interokklusaler Druck
OPG	Orthopantomogramm
PSA	Panoramaschichtaufnahme
p-Wert Chi-Quadrat-Test	Wahrscheinlichkeitswert bei Test auf signifikante Unterschiede

p-Wert Kolmogorov-Smirnov-Test	Wahrscheinlichkeitswert bei Test auf signifikante Unterschiede
p-Wert U-Test	Wahrscheinlichkeitswert bei Test auf signifikante Unterschiede
R	rechts
s	Sekunden
s.	siehe
S.	Seite
SD	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel
ZRM	Zungenrepositionsmanöver

7. Literaturverzeichnis

AKARSLAN ZZ, ERTEN H, GÜNGÖR K, CELIK I (2003):
Common errors on Panoramic Radiographs Taken in a Dental School.
J Contemp Dent Pract 4, 024-034

AL-FALEH W (2005):
Common positioning errors in panoramic radiography.
Egypt Dent J 51, 1813-1817

BAYERTHAL H (1980):
Technische Fehler bei Panoramiaschichtaufnahmen - Ein neues Hilfsmittel zu ihrer Vermeidung.
Quintessenz 31, 109-112

BEHFAR L:
Fehlpositionierungsbedingte „Verzerrungen“ der Panoramiaschichtaufnahme.
Med. Diss. Hamburg 2005

BENZ C (1989):
Strahlenbelastung und Bildqualität bei intraoralen Zahnaufnahmen.
Zahnärztl Prax 40, 130-133

BERNDSSEN S:
Vorrichtung zum Trainieren der orofazialen Muskulatur.
Deutsche Patentschrift DE 19831741C1.
Dtsch Patent- und Markenamt, München 2000

BODE B:
Auswertung von Panorama-Schichtaufnahmen auf die Häufigkeit von Nebenbefunden in zwei Patientenkollektiven.
Med. Diss. Leipzig 2004.

BOEDDINGHAUS R, WHYTE A (2006):
Dental panoramic tomography: An approach for the general radiologist.
Australas Radiol 50, 526-533

BREZDEN NA, BROOKS SL (1987):
Evaluation of panoramic dental radiographs taken in private practice.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 63, 617-21

BRINGEWALD B:
Typische Fehler in der Panoramiaschichtaufnahme und ihre Vermeidung.
In: JUNG T (Hrsg.): Panorama-Röntgenographie. Hüthig Verlag, Heidelberg 1984, 46-49

BROSE KAW:
Art und Häufigkeit von Fehlern auf Panoramiaschichtaufnahmen.
Med. Diss. Frankfurt am Main 1992

CATELLI WF, ENGSTROM HI, HOLLENDER LG, FELLER RP (1987):
Panoramic radiographic examination of patients who are edentulous.
Spec Care Dentist 7, 114-116

CATIC A, CELEBIC A, VALENTIC-PERUZOVIC M, CATOVIC A, JEROLIMOV V,
MURETIC I (1998):
Evaluation of the precision of dimensional measurements of the mandible on
panoramic radiographs.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 86, 242-248

CHILVARQUER I, McDAVID D, LANGLAIS RP, CHILVARQUER LW, NUMMIKOSKI
PV (1988):
A new technique for imaging the temporomandibular joint with a panoramic x-ray
machine.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 65, 626-631

CHRISTIANSEN RL, EVANS CA, SUE SK (1979):
Resting tongue pressures.
Angle Orthodontist 49, 92-97

DAHAN J, JESDINSKY HJ (1968a):
Die Bewertung des Orthopantomogramms für kephalometrische Untersuchungen in
der Kieferorthopädie.
Stoma 21, 126-137

DAHAN J, JESDINSKY HJ (1968b):
Die Bewertung des Orthopantomogramms für kephalometrische Untersuchungen in
der Kieferorthopädie.
Stoma 21, 200-206

DAMANTE JH, FILHO LI, SILVA MA (1998):
Radiographic image of the hard palate and the nasal fossa floor in panoramic
radiography.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Oral Endod 85, 479-484

DE BUHR H, GRAU D, JUNG T, KURTH B, SÜRIG R:
Schwachstellen der Panorama-Schichtaufnahmen.
In: JUNG T (Hrsg.): Panorama-Röntgenographie. Hüthig Verlag, Heidelberg 1984,
153-158

DÜKER J:
Röntgendiagnostik mit der Panoramaschichtaufnahme. 2., überarbeitete Auflage.
Hüthig Verlag, Heidelberg 2000, 7-75

ECKERT-MÖBIUS A (1953):
Die Bedeutung der Zunge für die Nasen- und Mundatmung.
Fortschr Kieferorthop 14, 229-239

ENGELKE W (2003):
Ein Manöver zur Positionierung der Zunge am Gaumen.
Sprache Stimme Gehör 27, 171-175

- ENGELKE W (2004):
Die Bedeutung der Zungenruhelage und des intraoralen Druckes für die Behandlung des Schnarchens.
Somnojournal 2; 5-9
- ENGELKE W, HOCH G (1999):
Funktionsdiagnostik mit intraoralen Sensoren.
Zahnärztl Mitt 89, 2568-2574
- ENGELKE W, PETERSEN C, MÜLLER C (1995):
Elektromagnetische Untersuchungen zur Physiologie oropharyngealer Schluckbewegungen.
Sprache Stimme Gehör 19, 105-113
- ENGELKE W, MENDOZA M, REPETTO G (2006):
Preliminary radiographic observations of the tongue-repositioning manoeuvre.
Eur J Orthod 28, 618-623
- ENGELKE W, REPETTO G, MENDOZA-GAERTNER, KNOESEL M (2007):
Functional Treatment of Snoring Using Oral Shields in Conjunction with Tongue Repositioning Manoeuvre.
Int J Odontostomat 1, 133-139
- FARRANT SD (1986):
The place of rotational tomography. 2. Orthodontics.
Radiography 52, 23-27
- FOREST D, DESCHAMPS M, NORMANDEAU L (1981):
A comparative study of radiation doses received from constant direct current and conventional self-rectified panoramic dental x-ray equipment.
J Dent Que 18, 9-17
- FOWLER P (1991):
Limitations of the panoramic radiograph's focal trough: a case report.
N Z Dent J 87, 92-93
- FRÄNKEL R (1967):
Die Dynamik des interokklusalen Unterdrucks.
Dtsch Zahnärztl Z 22, 1282
- FREDHOLM U, BOLIN A, ANDERSSON L (1993):
Preimplant radiographic assessment of available maxillary bone support. Comparison of tomographic and panoramic technique.
Swed Dent J 17, 103-109
- FREITAG V, SEIDEL W (1972):
Über die Häufigkeit von Nebenbefunden auf Panoramaschichtaufnahmen.
Dtsch Zahnärztl Z 27, 993-996

FREITAG V, OESER M (1977):

Darstellung der Kiefergelenke auf Panoramaübersichtsaufnahmen.
Dtsch Zahnärztl Z 32, 537-541

GLASS BJ, SEALS RR, WILLIAMS EO (1994):

Common Errors in Panoramic Radiography of Edentulous Patients.
J Prosthodont 3, 68-73

GRÖNDAHL K, SUNDEN S, GRÖNDAHL H-G (1998):

Inter- and intraobserver variability in radiographic bone level assessment at Branemark fixtures.
Clin Oral Implants Res 9, 243-250

GRUBER I, SONNABEND E (1989):

Untersuchung über die Erkennbarkeit des Parodontiums im Panorama-Röntgenbild.
Dtsch Zahnärztl Z 44, 179-180

GUNDLACH KK (1990):

Bildgebende Verfahren als Grundlage einer funktionellen chirurgischen Therapie des Kiefergelenks.
Fortschr Kiefer Gesichtschir 35, 158-161

HALAZONETIS DJ, KATSAVRIAS E, SPYROPOULOS MN (1994):

Changes in cheek pressure following rapid maxillary expansion.
Eur J Orthod 16, 295-300

HARDCASTLE WJ, GIBBON FE, JONES W (1991):

Visual display of tongue-palate-contact: electropalatography in the assessment and remediation of speech disorders.
Br J Disord Comm 26, 41-74

HARSTER P (2005):

Tissue modelling: The oral pump.
Quintessence Int 36, 633-640

HATCHER DC:

Maxillofacial imaging.

In: McNEILL C (Hrsg.): Science and Practice of Occlusion. Quintessence, Chicago 1997, 349-364

HAYAKAWA Y, WAKOH M, FUJIMORI H, OHTA Y, KUROYANAGI K (1993):

Morphometric analysis of image distortion with rotational panoramic radiography.
Bull Tokyo Dent Coll 34, 51-58

HECKMANN K (1939):

Die Röntgenperspektive und ihre Umwandlung durch eine neue Aufnahmetechnik.
Fortschr Röntgenstr 60, 144-157

HOUSTON WJB (1983):

The Analysis of Errors in Orthodontic Measurements.
Am J Orthod 83, 382-390

IMMENKAMP E (1972):

Erfahrungen mit Panorama-Röntgenaufnahmen in der kieferchirurgischen Praxis.
Dtsch Zahnärztl Z 27, 997-1004

JANSEN VK, RICHTER EJ, SPIEKERMANN H (1993):

Zur Genauigkeit des Orthopantomogramms bei der Bestimmung des Knochenabbaus an IMZ Implantaten.
Z Zahnärztl Implantol 9, 200-204

JUNG T (1972a):

Die Panorama-Röntgenaufnahme in der Prothetik.
Dtsch Zahnärztl Z 27, 970-971

JUNG T (1972b):

Die Wiedergabe der Frontzahnregion auf Panorama-Schicht-Aufnahmen.
Dtsch Zahnärztl Z 27, 972-977

JUNG T (1973):

Wo liegen die Grenzen der Panorama-Röntgenaufnahmen?
Zahnärztl Welt 82, 1053-1061

JUNG T (1987):

Fehler und Irrtümer in der Zahnärztlichen Röntgendiagnostik.
Zahnärztl Mitt 9, 965-968

JUNG T, SCHAPPACHER H:

Frakturdiagnostik und Panorama-Aufnahme.

In: JUNG T (Hrsg.): Panorama-Röntgenographie. Hüthig Verlag, Heidelberg 1984, 111-115

KAEPLER G, AXMANN-KRCMAR D, GOMEZ-ROMAN G, SCHULTE W (1995):

Die Genauigkeit verschiedener Panoramaschichtaufnahmeverfahren und transversaler Schichtaufnahmen.
Dtsch Z Zahnärztl Implantol 11, 209-222

KAMOEN A, DERMAUT L, VERBEECK R (2001):

The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results.

Eur J Orthod 23, 569-78

KOEPPE K (1973):

Prognose der Mandibularentwicklung mit Hilfe des Orthopantomogramms.
Fortschr Kieferorthop 34, 316-322

KÖRBITZ A:

Kursus der systematischen Orthodontik.

Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1914, 21-25

KRETER F, LINTEL-HÖPING A, WANDERS N:

Art und Häufigkeit von Fehlern bei Orthopantomogrammen; eine Studie in Großstadtpraxen.

In: JUNG T (Hrsg.): Panorama-Röntgenographie. Hüthig Verlag, Heidelberg 1984, 53-57

KUCUKKELES N, CEYANOGLU C (2003):

Changes in lip, cheek, and tongue pressures after rapid maxillary expansion using a diaphragm pressure transducer.

Angle Orthodontist 73, 662-668

KULLMAN L, BOBBY J (2006):

Quality of digital panoramic radiography in a newly established dental School.

Swed Dent J 30, 165-170

LAM EW, RUPRECHT A, YANG I (1995): Comparison of two dimensional orthoradially reformatted computed tomography and panoramic radiography for dental implant treatment planning.

J Prosthet Dent 74, 42-46

LANGLAND OE, LANGLAIS RP, McDAVID WD, DELBALSO AM:

Panoramic radiography. 2nd edition.

Lea & Febiger, Philadelphia 1989, 3-37 und 171-179

LARHEIM TA, SVANAES DB (1986):

Reproducibility of rotational panoramic radiography. Mandibular linear dimensions and angles.

Am J Orthodont Dentofacial Orthop 90, 45-51

LASTER WS, LUDLOW JB, BAILEY LJ, HERSHEY HG (2005):

Accuracy of measurements of mandibular anatomy and prediction of asymmetry in panoramic radiographic images.

Dentomaxillofac Radiol 34, 343-349

LECOMBER AR, FAULKNER K (1993):

Dose reduction in panoramic radiography.

Dentomaxillofac Radiol 22, 69-73

LIANG H, FREDERIKSEN NL (2004):

Focal trough and patient positioning.

Dentomaxillofac Radiol 33, 128-129

LINDNER A (1991):

Measurements of intra-oral negative air pressure during dummy sucking in human newborn.

Eur J Orthod 13, 317-321

MACHEMEHL K:

Zur Qualitätssicherung der Patientenpositionierung bei der Panoramaschichtaufnahme.

Med. Diss. Berlin 2003

MARTINEZ-CRUZ S, MANSON-HING LR (1987):
Comparison of focal trough dimensions and form by resolution measurements in panoramic radiography.
J Am Dent Assoc 114, 639-642

MATTILA K, ALTONEN M, HAAVIKKO K (1977):
Determination of the gonial angle from the orthopantomogram.
Angle Orthod 47, 107-110

McCANN J (2000):
How dental assistants can avoid common problems found in panoramic images.
Dent Assist 69, 30-31

McDAVID WD, LANGLAIS RP, WELANDER U, MORRIS CR (1983):
Real, double, and ghost images in rotational panoramic radiography.
Dentomaxillofac Radiol 12, 122-128

McIVER FT, BROGAN DR, LYMAN GE (1973):
Effect of head positioning upon the width of mandibular tooth images on panoramic radiographs.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 35, 697-707

MEIJER HJ, STEEN WH, BOSMAN FA (1993):
A comparison of methods to assess marginal bone height around endosseous implants.
J Clin Peridontol 20, 250-253

MOLANDER B, AHLQWIST M, GRÖNDAHL HG (1995):
Panoramic and restrictive intraoral radiography in comprehensive oral radiographic diagnosis.
Eur J Oral Sci 103, 191-198

MUTSCHELKNAUSS R, VAN DER OHE HG (1978):
Vergleichende Untersuchungen von Panoramaröntgenaufnahmen (Panorex) und enoralen Röntgenaufnahmen.
Dtsch Zahnärztl Z 33, 68-76

NITSCH JP (1979):
Der routinemäßige Einsatz des Orthopantomographen – Diagnostikum in der zahnärztlichen Praxis.
Dtsch Zahnärztl Z 34, 231-232

NOLTEMEIER H:
Einführung in die allgemeine Kiefer und Gesichtsothopädie/1. Band.
Dobler, Alfeld Verlag, Hannover 1949, 42-45

NUMATA H (1933):
Consideration of the parabolic radiography of the dental arch.
J Shimazu Studies 10, 13-21

NUMATA H (1934):

A trial of the narrow beam radiography.
J Shimazu Studies 12, 6-12

PAATERO YV (1949):

A new tomographic method for radiographing curved outer surfaces.
Acta Radiol 32, 177-182

PAATERO YV (1954):

Pantomography in theory and use.
Acta Radiol 41, 312-335

PAATERO YV (1958):

Orthoradial jaw pantomography.
Ann Med Intern Fenn Suppl 48, 222-227

PAATERO YV (1961):

Pantomography and Orthopantomography.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 14, 947-953

PASLER FA (1973):

Orthopantomographie in der zahnärztlichen Praxis.
Schweiz Monatsschr Zahnmed 83, 1163-1178

PASLER FA:

Zahnärztliche Radiologie. 2., überarbeitete Auflage.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1989, 211

PASLER FA:

Radiologie.
In: RATEITSCHAK KH (Hrsg.): Farbatlant der Zahnmedizin. 1. Auflage.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1991, 4-28

PASLER FA:

Zahnärztliche Radiologie. 3., vollständig überarbeitete Auflage.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1995, V

PASLER FA:

Zahnärztliche Radiologie. 5., aktualisierte Auflage.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2008, 180-207

PASLER FA, VISSER H (2001):

Qualitätssicherung bei Panoramaschichtaufnahmen.
Zahnärztl Welt 110, 505-513

PASLER FA, VISSER H:

Taschenatlas der Zahnärztlichen Radiologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2003, 2-35

PATEL JR, MANSON-HING LR (1986):

The horizontal plane in patient positioning for panoramic radiography.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 62, 350-353

PENG CL, MIETHKE RR, PONG SJ, LIN CT (2007):

Investigation of tongue movements during swallowing with M-mode ultrasonography.
J Orofac Orthop 68, 17-25

RAHN R, JAKOBS W (2004):

Häufigkeit von Fehlern bei Panoramaschichtaufnahmen.
Quintessenz 55, 1009-1017

ROTHER UJ:

Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. 2. Auflage.

Urban und Fischer Verlag, München 2001, 5-15 und 69-79

ROTTKE B (1977):

Die Zungenhaltung als Fehlerquelle bei Panoramaschichtaufnahmen.
Quintessenz 28, 105-106

ROTTKE B (1987):

Der Stand der Panoramatechnik.
Zahnärztl Mitt 77, 958-964

ROTTKE B, BUCHMANN F, GOSAU B (1974):

Strahlenschutzverhältnisse an einem Panoramaschichtgerät.
Quintessenz 10, 127-134

RUDZIT I:

Ein Beitrag zur Qualität der Panoramaschichtaufnahme.
Med. Diss. Hamburg 1992

RUDZIT I, ROTHKE B (1984):

Das Problem der Bildqualität bei Panoramaschichtaufnahmen.
Dtsch Zahnärztl Z 39, 908-912

RUHLAND A (1972):

Klinische Erfahrungen mit dem Orthopantomographen in der kieferorthopädischen Diagnostik.

Dtsch Zahnärztl Z 27, 1005-1009

RUMBERG H, HOLLENDER L, ODA D (1996):

Assessing the quality of radiographs accompanying biopsy specimens.
J Am Dent Assoc 127, 363-368

RUSHTON VE, HORNER K, WORTHINGTON HV (1999):

The quality of panoramic radiographs in a sample of general dental practices.
Br Dent J 186, 630-633

SANDER B: Die Darstellung des Zungenbeins auf der Panoramaschichtaufnahme. Med. Diss. Hamburg 1989

SCHIFF T, D'AMBROSIO J, GLASS BJ, LANGLAIS RP, McDAVID WD (1986): Common positioning errors and technical errors in panoramic radiography. J Am Dent Assoc 133, 422-426

SCHMITT E:

Filmverarbeitungsprobleme bei Panorama-Röntgenaufnahmen.

In: JUNG T (Hrsg.): Panorama-Röntgenographie. Hüthig Verlag, Heidelberg 1984, 50-52

SCHMUTH GPF (1971):

Methodische Schwierigkeiten bei der Anwendung der Röntgenkephalometrie in der Kieferorthopädie.

Fortschr Kieferorthop 32, 317-325

SCHOPF P (1966):

Längen- und Winkelmessungen am Orthopantomogramm.

Fortschr Kieferorthop 27, 107-114

SCHOPF P (1969):

Die Panorama-Röntgenaufnahme des Orthopantomographen als Hilfsmittel der kieferorthopädischen Befunderhebung.

Dtsch Zahnärztl Z 23, 480-484.

SCHULZE R, SCHALLDACH F, d'HOEDT B (2000a):

Auswirkung von Positionierungsfehlern auf Vergrößerungsfaktoren im Unterkiefer bei der digitalen Panoramaschichtaufnahme.

Mund Kiefer Gesichtschir 4, 164-170

SCHULZE R, KRUMMENAUER F, SCHALLDACH F, d'HOEDT B (2000b):

Precision and accuracy of measurements in digital panoramic radiography.

Dentomaxillofac Radiol 29, 52-56

SEIDEL W (1974):

Fehler und Irrtümer bei Panoramaschichtaufnahmen.

Dtsch Zahnärztl Z 29, 307-311

SELLE G, SCHNEUZER B (1972):

Interpretation des Orthopantomogrammes - metrische und qualitative Untersuchungen.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 82, 1153-1160

SEMPLE J, GIBB D (1987):

Dental radiography series. 8. Shortcomings of the OPG machine.

Radiography 53, 147-151

SERMAN N, HORRELL BM, SINGER S (2002): High-Quality Panoramic Radiographs: Achieving the ideal.

Dent Today 21, 62-67

SERMAN N, HORRELL BM, SINGER S (2003): High-Quality Panoramic Radiographs: Tips and Tricks.
Dent Today 22, 70-73

SONNABEND E, RING A (1972):
Die Bedeutung der Panoramadarstellung in der Zahnerhaltung und Parodontologie.
Dtsch Zahnärztl Z 27, 965-969

SONNABEND F, BENZ C, GÜPNER B (1987):
Untersuchungen der Qualität von Aufnahmen dreier Panorama-Schichtgeräte aus Klinik und Praxis.
Quintessenz 38, 1873-1878

STEINHARDT J (1989):
Röntgenologische Darstellung menschlicher Kiefergelenke mit dem Panoramascichtgerät Zonarc.
Dtsch Zahnärztl Z 44, 232-236

STENDER HS, STIEVE FE:
Bildqualität in der Röntgendiagnostik.
Deutscher Ärzte Verlag, Köln 1990

STRAMOTAS S, GEENTY JP, PETOCZ P, ALI DARENDELILER M (2002):
Accuracy of linear and angular measurements on panoramic taken at various positions *in vitro*.
Eur J Orthod 24, 43-52

THÜER U, SIEBER R, INGERVALL B (1999):
Cheek and tongue pressure in the molar areas and the atmospheric pressures in the palatal vault in young adults.
Eur J Orthod 21, 299-309

TRONJE G, WELANDER U, MCDAVID W.D, MORRIS C.R (1981):
Image distortion in rotational panoramic radiography. I. General considerations.
Acta Radiol Diagn 22, 295-299

TRUHLAR RS, MORRIS HF, OCHI S (1993):
A review of panoramic radiography and its potential use in implant dentistry.
Implant Dent 2, 122-130

VISSER H (1999):
Zeitgemäße parodontologische Röntgendiagnostik.
Dtsch Zahnärztl Z 54, 64-72

VOLCHANSKY A, CLEATON-JONES P, DRUMMOND S, BÖNECKER M (2006):
Technique for linear measurement on panoramic and periapical radiographs: A pilot study.
Quintessence Int 37, 191-197

WANGERIN K:

Vergrößerung und Verzerrung der Panoramaschichtaufnahme am Beispiel „Cranex DC“.

In: JUNG T (Hrsg.): Panorama-Röntgenographie. Hüthig Verlag, Heidelberg 1984, 37-40

WANGERIN K, LAMBRECHT JT (1984):

Objektdoppeldarstellung in der Panoramaschichtaufnahmetechnik - Verlust von diagnostisch auswertbaren Bildanteilen.

Dtsch Zahnärztl Z 39, 923-928

WEIN B, ALZEN G, TOLXDORFF R, BÖCKLER S, KLAJMAN S, HUBER W (1988):

Computerized sonographic imaging of the tongue motility using pseudo-3 dimensional reconstruction.

Ultraschall Med 9, 95-97

WELANDER U, McDAVID WD, TRONJE G, MORRIS CR (1987):

An analysis of different planes within the image layer in rotational panoramic radiography.

Dentomaxillofac Radiol 16, 79-84

WINDISCH SI:

Das Panoramaschichtaufnahmeverfahren – Visuelle und metrische Analyse zur Identifikation von Panoramaschichtaufnahmen fehlpositionierter Patienten und ihre Bedeutung für die Implantologie.

Med. Diss. Tübingen 1997

WYATT DL, FARMAN AG, ORBELL GM, SILVEIRA AM, SCARFE WC (1995):

Accuracy of dimensional and angular measurements from panoramic and lateral oblique radiographs.

Dentomaxillofac Radiol 24, 225-231

XIE Q, WOLF J, AINAMO A (1997):

Quantitative assessment of vertical heights of maxillary and mandibular bones in panoramic radiographs of elderly dentate and edentulous subjects.

Acta Odontol Scand 55, 155-161

XIE Q, SOIKKONEN K, WOLF J, MATTILA K, GONG M, AINAMO A (1996):

Effect of head positioning in panoramic radiography on vertical measurements: an in vitro study.

Dentomaxillofac Radiol 25, 61-66

YEO DK, FREER TJ, BROCKHURST PJ (2002):

Distortions in panoramic radiographs.

Aust Orthod J 18, 92-98

ZACHER H:

Metrische Analyse des Ramus mandibulae und der posterioren Anteile des Corpus mandibulae am Orthopantomogramm.

Med. Diss. München 1991

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

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Wilfried Engelke. Er war stets ansprechbar und hat durch seine Motivation wesentlich zum Gelingen dieser wissenschaftlichen Arbeit beigetragen. Danke für die Vergabe des interessanten Themas der vorliegenden Arbeit.

Den MTRAs unserer Röntgenabteilung möchte ich für die freundliche Unterstützung danken mit besonderem Dank den leitenden MTRAs Frau Sabine Degenhardt und Frau Tanja Diedrich.

Frau Antonia Zapf und Frau Jenifer Barrirero gilt mein Dank für die Unterstützung bei der Herstellung und statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Lebenslauf

Am 25.05.1982 wurde ich, Christian Sömmer, in Eisenach als Sohn der gelernten Krankenschwester Andrea Sömmer, geb. Breier, und des Dipl.-Stom. Gerold Sömmer geboren.

Von 1988 bis 1992 besuchte ich die Karl Marx Oberschule in Bad Langensalza und die Folgezeit bis 2000 das Salza-Gymnasium Bad Langensalza.

Die allgemeine Hochschulreife erwarb ich am 24. Juni 2000.

Nach meiner schulischen Ausbildung leistete ich vom 01.09.2000 bis zum 31.07.2001 meinen Zivildienst in der Volkssolidarität Bad Langensalza.

Vom 01.08.2001 bis zum 30.06.2002 absolvierte ich eine studiumsvorbereitende Ausbildung zum Zahntechniker in der Zahntechnik GmbH in Eisenach.

Zum Wintersemester 2002/2003 begann ich das Studium der Zahnmedizin in Göttingen an der Georg-August-Universität. Nach zwei Semestern absolvierte ich im September 2003 die Naturwissenschaftliche Vorprüfung und nach weiteren drei Semestern im Februar 2005 die Zahnärztliche Vorprüfung. Ich beendete mein Studium am 17. Dezember 2007 mit dem Staatsexamen und erhielt die zahnärztliche Approbation.

Seit April 2008 bin ich als Assistenz Zahnarzt im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in der Abteilung Zahnerhaltung, Präventive Zahnheilkunde und Parodontologie tätig.