



Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Poliklinik für Kieferorthopädie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Ulrike Ehmer

**Die Fernröntgenfrontalaufnahme  
Analyse von Indikation, Häufigkeit und Relation  
in der kieferorthopädischen Röntgendiagnostik  
für den Zeitraum von 1993 bis 2001**

**INAUGURAL-DISSERTATION**

zur  
Erlangung des doctor medicinae dentium  
der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von  
Tim Alexander Joda  
aus Herten  
2004

Gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

**Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. H. Jürgens**

**1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer**

**2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Piffkó**

**Tag der mündlichen Prüfung: 18. Mai 2004**

**Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Poliklinik für Kieferorthopädie  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer  
Referent: Univ.-Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer  
Koreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Piffkó**

## **ZUSAMMENFASSUNG**

### **Die Fernröntgenfrontalaufnahme**

### **Analyse von Indikation, Häufigkeit und Relation in der kieferorthopädischen Röntgendiagnostik für den Zeitraum von 1993 bis 2001**

**Tim Alexander Joda**

Die vorliegende Studie setzt sich zusammen aus einer Literaturübersicht zur Fernröntgenfrontalaufnahme und einer statistischen Auswertung zur kieferorthopädischen Röntgendiagnostik an der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001. Die Analyse ergibt, dass Orthopantomogramme und Fernröntgenseitenaufnahmen die am häufigsten verwendeten Aufnahme-Typen für die kieferorthopädische Diagnose und Kontrolle des Therapieverlaufs darstellen. Dies steht in Übereinstimmung mit den Literaturangaben, wobei diese Röntgenaufnahmen als sogenannte "Gold-Standards" der Diagnostik bezeichnet werden. Mit spezieller Indikation werden Fernröntgenfrontalaufnahmen, intraorale Zahnfilme und Handröntgenaufnahmen, sowie Panorama-Aufnahmen der Maxilla und der Mandibula entsprechend weniger häufig angefertigt. Die spezielle Untersuchung des Indikationsspektrums zur Fernröntgenfrontalanalyse anhand der vorliegenden Unterlagen zeigt als Hauptindikation cranio-faciale und transversale Asymmetrien an. Die Gruppe der Patienten mit einer Asymmetrie ohne Grundlage einer syndromalen Manifestation stellt mit über 50% an der Indikation zur Fernröntgenfrontalaufnahme die grösste Patienten-Anzahl in dieser Studie dar. Zusätzliche Indikationen der Fernröntgenfrontalaufnahme sind die unilaterale kondyläre und mandibuläre Hyper- bzw. Hypoplasie, sowie Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung, gefolgt vom Komplex der cranio-facialen Syndrome, wobei hier die Hemifaziale Mikrosomie und Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten dominieren. Insgesamt konnten 20715 Röntgenaufnahmen von 9283 Patienten in dem ausgewiesenen Zeitraum erfasst und statistisch analysiert werden. Dabei lässt sich herausarbeiten, dass die Fernröntgenfrontalaufnahme in Relation zu der lateralen Fernröntgenaufnahme einen jährlich wachsenden Zuwachs an der Anzahl der Gesamt-Fernröntgenaufnahmen aufweist. Das ermittelte Durchschnittsalter der Patienten mit Indikation von durchgeführter Fernröntgenfrontalaufnahme liegt bei 24,7 Jahren und somit deutlich nach erfolgtem Wachstumsabschluss.

**Tag der mündlichen Prüfung: 18. Mai 2004**

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG</b>	<b>01</b>
<b>2</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT ZUR FRF</b>	<b>03</b>
2.1	<b>Historische Events der Fernröntgenaufnahme</b>	<b>03</b>
2.1.1	<b>Beurteilung cranio-facialer Beziehungen des Schädels</b>	<b>03</b>
2.1.2	<b>Die Fernröntgenaufnahme in der Kieferorthopädie</b>	<b>05</b>
2.2	<b>Die frontale Röntgenaufnahme des Schädels</b>	<b>08</b>
2.2.1	<b>Aufnahmetechnik und Rahmenbedingungen</b>	<b>08</b>
2.2.1.1	Der Fokus-Film-Abstand	09
2.2.1.2	Der Objekt-Film-Abstand	10
2.2.1.3	Die Ausrichtung des Zentralstrahls	12
2.2.1.4	Technische Aufnahmebedingungen	12
2.2.2	<b>Positionierung des Patienten</b>	<b>13</b>
2.2.2.1	Reproduzierbarkeit im Kephalostaten	15
2.2.2.2	Mandibula-Position	16
2.2.3	<b>Strahlenexposition</b>	<b>17</b>
2.3	<b>Die kephalometrische Analyse der FRF</b>	<b>20</b>
2.3.1	<b>Bedeutung der FRF in der kieferorthopädischen Diagnostik</b>	<b>21</b>
2.3.2	<b>Kephalometrische Analysen</b>	<b>22</b>
2.3.2.1	Identifikations-Genauigkeit der Referenzpunkte	22
2.3.2.2	Computergestützte Verfahren zur FRF-Auswertung	25
2.3.2.3	Differente Analysen zur FRF	26
2.3.2.4	XV-Punkte Fernröntgenfrontal-Analyse nach Ehmer	30
2.3.3	<b>3-D Darstellung des Schädels: sagittal-frontale Kombination</b>	<b>35</b>
2.4	<b>Indikation und Anwendungsgebiete der FRF</b>	<b>37</b>
2.4.1	<b>Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage</b>	<b>38</b>
2.4.2	<b>Asymmetrien syndromaler Grundlage</b>	<b>43</b>
2.4.3	<b>Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung</b>	<b>49</b>
2.4.4	<b>Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten</b>	<b>51</b>
2.4.5	<b>Kiefer- und Gesichts-Traumatologie</b>	<b>52</b>
2.4.6	<b>Sonstige Indikationen zur FRF</b>	<b>53</b>

<b>3 MATERIAL UND METHODE</b>	<b>54</b>
<b>4 ERGEBNISSE</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Statistische Auswertung der Ergebnisse von 1993 bis 2001</b>	<b>57</b>
4.1.1 Allgemeine Ergebnisse der statistischen Analyse	57
4.1.2 Relation von der Patienten- zu der Röntgenaufnahme-Anzahl	63
4.1.3 Geschlechterverteilung der Fernröntgen-Patienten	67
4.1.4 Altersverteilung der Fernröntgen-Patienten	70
4.1.5 Indikation der Fernröntgenfrontalaufnahme	73
4.1.5.1 Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage	75
4.1.5.2 Asymmetrien syndromaler Grundlage	76
4.1.5.3 Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung	77
4.1.5.4 Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten	78
4.1.5.5 Kiefer- und Gesichts-Traumatologie	79
4.1.5.6 Sonstige Indikationen zur FRF	79
4.1.5.7 Unvollständige Patienten-Unterlagen	80
<b>4.2 FRF-Patienten mit Hemifazialer Mikrosomie</b>	<b>81</b>
4.2.1 Statistische Analyse der FRF-Patienten mit HM	81
4.2.2 Case-Report Hemifaziale Mikrosomie	83
<b>5 DISKUSSION</b>	<b>88</b>
5.1 Diskussion der Häufigkeitsverteilung	88
5.2 Diskussion der Indikationen und der Relation in der kieferorthopädischen Röntgendiagnostik	88
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>93</b>
<b>7 LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>94</b>
<b>8 DANKSAGUNG</b>	<b>107</b>
<b>9 LEBENS LAUF</b>	<b>108</b>

# 1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

In der kieferorthopädischen Diagnostik und Therapiekontrolle sind differente Röntgenaufnahmen, sowie deren Befundung und Analyse als Standard anzusehen. Seit dem Einzug der Fernröntgenaufnahme in die Kieferorthopädie im Jahr 1931 durch Broadbent [11] und Hofrath [39] wurden die verschiedensten Verfahren zur Auswertung diesen Röntgentypes in der Literatur beschrieben [14, 24, 30, 95, 100].

Die frontale Fernröntgenaufnahme und deren Analyse in der klinischen Anwendung ist gegenüber des lateralen Pendant jedoch eher von untergeordneter Rolle [18]. Es mangelt nicht an Erklärungsansätzen für die Besonderheiten, die sich im Umgang mit der Fernröntgenfrontalaufnahme ergeben [67]. Die dabei aufgeführten Gründe finden ihren Ursprung einerseits in einer geringeren Nachfrage nach der frontalen Darstellung des Schädels als solche, andererseits in den verschiedensten gearteten Problemen, die mit ihrer Herstellung und Auswertung verbunden sind [85]. Bimler [9], Dausch-Neumann [21] und Fischer-Brandies [27] sehen als Grund für den erschwerten Durchbruch der frontalen Fernröntgenaufnahme in der Kieferorthopädie in erster Linie die Problematik der Orientierung des Schädels im Kephalostaten, um reproduzierbare Röntgenaufnahmen zu erhalten. Desweiteren entstehen projektionsbedingt zahlreiche Überlagerungen der knöchernen Konturen, so dass eine eindeutige Identifikation der definierten Referenzpunkte mitunter erheblich erschwert sein kann [79, 91]. Zunächst wurde die frontale Fernröntgenaufnahme daher lediglich für wissenschaftliche Untersuchungen in komplexen Studien-Modellen hinsichtlich spezieller Fragestellungen herangezogen und hat erst langsam den Einzug in die kieferorthopädische Praxis gefunden [49, 59, 67, 97].

Die röntgenologische Kephalometrie in der Norma frontalis stellt ein aussagekräftiges diagnostisches Hilfsmittel für skelettale und dentale Asymmetrien in der transversalen Ebene dar [67]. Auf Grund dessen ist ein breit gefächertes Indikationsspektrum zur Verwendung der Fernröntgenfrontalaufnahme in der Literatur dokumentiert [5, 8, 13, 21, 28, 37, 44, 97, 99].

Die vorliegende Arbeit ist die Kombination aus einer Literaturübersicht zur Fernröntgenfrontalaufnahme und der statistischen Auswertung der kieferorthopädischen Patienten an der Zahnklinik der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 bei denen eine frontale Fernröntgenaufnahme erstellt wurde.

Das Ziel der zu Grunde liegenden Studie ist es,

- in Form einer Übersicht die technischen Aufnahmebedingungen und die Frage nach der Indikation der frontalen Fernröntgenaufnahme in der Literatur darzustellen;
- die statistische Erfassung der jeweiligen Röntgenaufnahme-Typen respektive der Patienten im Gesamt-Zeitraum und in den einzelnen Jahrgängen zu ermitteln;
- eine Alters- und Geschlechterverteilung dieser Patienten zu bestimmen;
- eine Relation von der Patienten- zu der Röntgenaufnahme-Anzahl herauszuarbeiten und anhand dieser Ergebnisse Angaben zur mittleren Anzahl der Röntgenaufnahmen des KFO-Patienten zu erstellen, sowie
- eine Statistik zur Indikationsstellung der Fernröntgenfrontalaufnahme mittels eigener Untersuchung in definierten Kategorien aufzuzeigen.



## 2 LITERATURÜBERSICHT ZUR FRF

### 2.1 Historische Events der Fernröntgenaufnahme

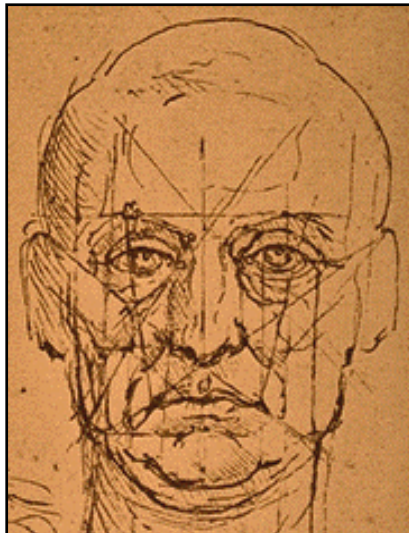
Die Anfänge über die Lehre der Gesetzmässigkeit der Proportionen des menschlichen Körpers sind bereits im Zeitalter der Hochkultur des ägyptischen Reiches beschrieben. Mit Hilfe einer Masseinheit - "Modulus" - versuchte die Proportionslehre Normwerte für die Länge und Breite der menschlichen Gestalt zu bestimmen [94]. Erste dokumentierte wissenschaftliche Untersuchungen über die Form und Proportionen des menschlichen Kopfes und Schädels reichen zurück bis ins Mittelalter [80]. Diese Arbeiten haben sich vornehmlich mit karikierenden Darstellungen von der Schädelform und der Physiognomie des Gesichtes auseinander gesetzt [4]. Es wurden Versuche unternommen die Vorstellungen von Harmonie und Schönheit des menschlichen Schädels zu kategorisieren. Diese festgelegten reproduzierbaren Werte stellten zu jener Zeit das Mass der Ästhetik in den Königshäusern dar [33].

#### 2.1.1 Beurteilung cranio-facialer Beziehungen des Schädels



Abb.2.1 Portrait Da Vinci

Bereits im Zeitalter der Renaissance hat Leonardo Da Vinci, \*1452 – †1519 (Abb.2.1) wahrscheinlich die älteste dokumentierte laterale Analyse innerer Strukturen eines sagittal geschnittenen Schädels dargestellt [93]. Mittels einer speziellen Zeichenmethode, bei der gewisse Bereiche transparent aufgezeichnet wurden, gelang ihm 1489 eine ausserordentlich detailgetreue Abbildung der Schädelstrukturen. Da Vinci konstruierte dabei bereits einige Schädelpunkte, welche in heutigen kieferorthopädischen Analysen wichtige Bezugspunkte ausmachen (Nasion, Sella, Basion etc).



Desweiteren hat Da Vinci auch zahlreiche Untersuchungen zur frontalen Ansicht des menschlichen Schädels durchgeführt (Abb.2.2). Anhand der geometrischen Determination von Bezugspunkten und Ebenen, versuchte Da Vinci mittels mathematischer Formeln auf reproduzierbare Weise das Zentrum des menschlichen Gehirnes, welches er als "sensus communis" bezeichnete, zu konstruieren [93].

Abb.2.2 Die frontale Ansicht des menschlichen Schädels nach Leonardo Da Vinci

Früheste Methoden zur Beurteilung cranio-facialer Beziehungen erfolgten nach künstlerischen Gesichtspunkten [78]. Die Kriterien waren Harmonie und Schönheit des Gesichtes. Albrecht Dürer, \*1471 – †1528, teilte das Gesicht in Quadranten ein, um die Gesichtsharmonie in reproduzierbaren Masse analysieren zu können [94]. Viele Jahrhunderte später wurde diese Methode wieder aufgegriffen und hat in der Röntgenkephalometrie erneut Anwendung gefunden [33].

Mit Angle [3] beginnt die Neuzeit der Kieferorthopädie. Er veröffentlichte 1897 die erste Klassifikation der Bissanomalien, wobei die Okklusion im Vordergrund seiner Diagnostik steht. Angle [3] war stets bedacht eine Verlaufskontrolle seines Therapie-Erfolges zu dokumentieren, so dass er 1908 dann mitunter vorgeschlagen hat, von jedem Patienten jeweils vor und nach seiner kieferorthopädischen Behandlung ein Photo im Profil und en face anzufertigen. Die Einführung der Photographie in die Kieferorthopädie sollte vielmehr den klinischen Blick schulen, als Patienten-Parameter zu untersuchen und zu dokumentieren.

Begünstigt durch die fortschreitenden technischen Errungenschaften anfangs des 20. Jahrhunderts hat 1919 Simon [84] Angles [3] anfängliche photographische Schulung wieder aufgegriffen, weiter modifiziert und vervollständigt. Simon hat diese Methodik geprägt und den Begriff der "Photostatik" erschaffen. Bei diesem Verfahren wird der Kopf des Patienten stets so eingestellt, dass vergleichbare Bilder aus frontaler Sichtweise und von der Seite hergestellt werden können.

Die Kephalometrie stellt die Vermessung des Kopfes des Patienten dar und war die erste für die kieferorthopädische Praxis anwendbare Methode dieser Art [9, 78]. Somit konnten Wachstumsveränderungen und die Erfolge des gewählten Therapie-Konzeptes objektiver bewertet werden. Weitaus genauer waren diejenigen Methoden, welche sich auf orientierende Abdrücke des Gesichtes und vor allem der zahntragenden Kiefer stützten [4]. Dieses anschauliche, aber auch sehr aufwendige Verfahren wurde 1922 unter dem Namen "Gnathostatik" eingeführt [94]. J.A.W. van Loon, \*1876 – †1940, benutzte 1916 erstmals Gesichtsmasken, um Kiefermodelle in Relation zum Gesicht zu orientieren [85]. Aus den Anfängen der Kephalometrie entwickelte sich eine weitere Methode für die Analyse cranio-facialer Beziehungen: Die röntgenologische Kephalometrie oder auch Fernröntgenologie [33].

### 2.1.2 Die Fernröntgenaufnahme in der Kieferorthopädie



Die epochale Entdeckung des "Unsichtbaren Lichtes" 1895 durch Wilhelm Conrad Röntgen (Abb.2.3) hat den lebenden Körper unblutig geöffnet und ihn für die Erforschung der menschlichen Anatomie zugänglich gemacht, als auch ein neues diagnostisches Hilfsmittel für die non-invasive Medizin entdeckt [73, 81]. Allerdings wurde in den Anfängen die Entdeckung der "X-Strahlen", wie sie Röntgen zunächst nannte, lediglich zu experimentalphysikalischen Versuchen herangezogen. Die ersten medizinisch angezeigten Aufnahmen wurden erst wesentlich später durchgeführt [94].

Abb.2.3 Portrait Röntgen

Welcker [102] hat 1896 wahrscheinlich die ersten dokumentierten Röntgenaufnahmen des menschlichen Schädels in der Frontal-Ansicht angefertigt. Er hat mit einem Fokus-Objekt-Abstand von 41,5 cm und einer Belichtungszeit von über 30 Minuten gearbeitet. Die weiteren technischen Rahmenbedingungen wurden hierbei nicht genauer beschrieben. Die Abb.2.4 zeigt den von Welcker verwendeten Röntgentubus und seine zu Grunde liegende Konstruktions-Skizze.

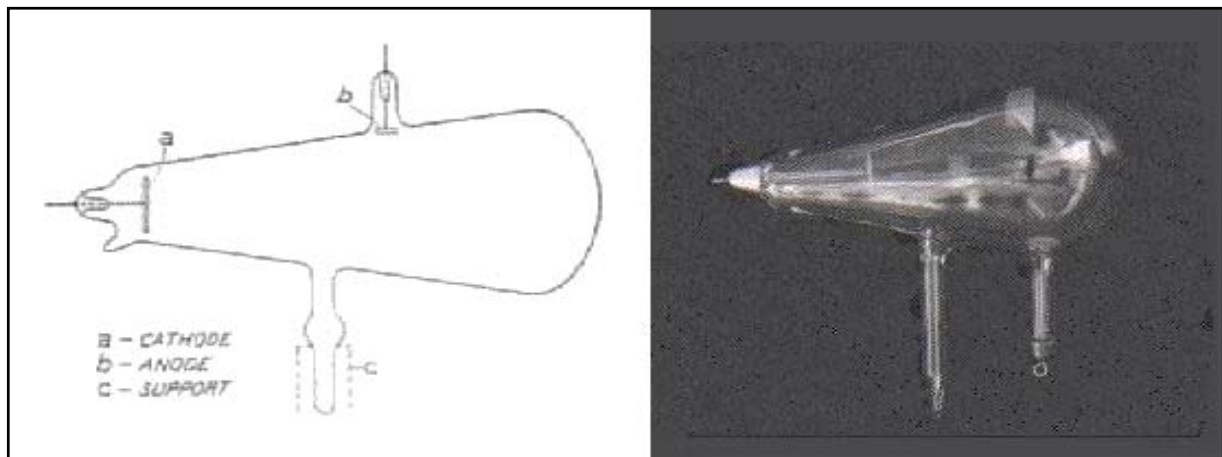


Abb.2.4 Röntgentubus nach Welcker 1896

Schmid und Filthuth [84] beschreiben die erste Benutzung röntgenkephalometrischer Methoden in anthropologischen Studien von Pacini und Carrea im Jahr 1922. Pacini stellte Röntgenaufnahmen aus einer Entfernung von zwei Metern her, wobei die Schädel der Patienten sorgfältig nach definierten cranio-metrischen Ebenen ausgerichtet wurden. Auf Grund der erhöhten Fokus-Objekt-Distanz wurden Verzeichnungen möglichst gering gehalten. Der Autor nannte dieses Verfahren "Roentgen Ray Anthropometry". Carrea gab seinem Verfahren den Namen "Teleradiofacies", da er einen Fokus-Film-Abstand von einem Meter gewählt hat. Ausserdem haben diesen Untersuchungen erstmals Metallstreifen als Kontrastmittel zur Darstellung des Weichteilprofils Anwendung gefunden [4]. Es wurden allerdings sowohl von Pacini, als auch von Carrea vornehmlich Röntgenaufnahmen des Schädels in der Norma lateralis angefertigt [84].

In den folgenden Jahren wurden frontale Abbildungen des Schädels zwecks Bewertung der cranio-facialen Beziehungen in einer historischen Schilderung nach Rosenbusch et al. [81] von MacGowen (1923), Simpson (1923), Comte (1927) und Riesner (1929) erstellt. Die Methodik der Anfertigung und Auswertung der

Röntgenaufnahmen wurden nicht genauer dokumentiert und verifiziert, da es sich eigentlich nur um Einzelversuche gehandelt hat.

Broadbent [11] und Hofrath [39] führten 1931 nahezu zeitgleich, aber unabhängig voneinander die Fernröntgenaufnahme unter standardisierten Bedingungen in die Kieferorthopädie ein. Mit Hilfe von speziellen Stativen, den sogenannten Kephalostaten, wurde eine weitestgehende Reproduzierbarkeit der Fernröntgenaufnahmen ermöglicht, um Wachstums-, Entwicklungs- und therapeutische Änderungen erfassen zu können. Der von Broadbent entwickelte "Craniostat" diente zunächst lediglich für röntgenologische Studien von menschlichen Schädeln, so dass diese exakt an der Frankfurter Horizontalen ausgerichtet werden konnten [11].

Zur Verminderung der zentralprojektorischen Verzeichnung durch divergierende Strahlenbündel wurde der Fokus-Film-Abstand vergrößert. Broadbent wählte eine Distanz von 1,50 m [11] und Hofrath sogar 2,30 m [39]. Auf Grund dieser grösser gewählten Entfernung von der Röntgenröhre zum Objekt ergab sich auch schliesslich die Bezeichnung "Fernröntgenmethode" oder "Teleradiologie" [94].

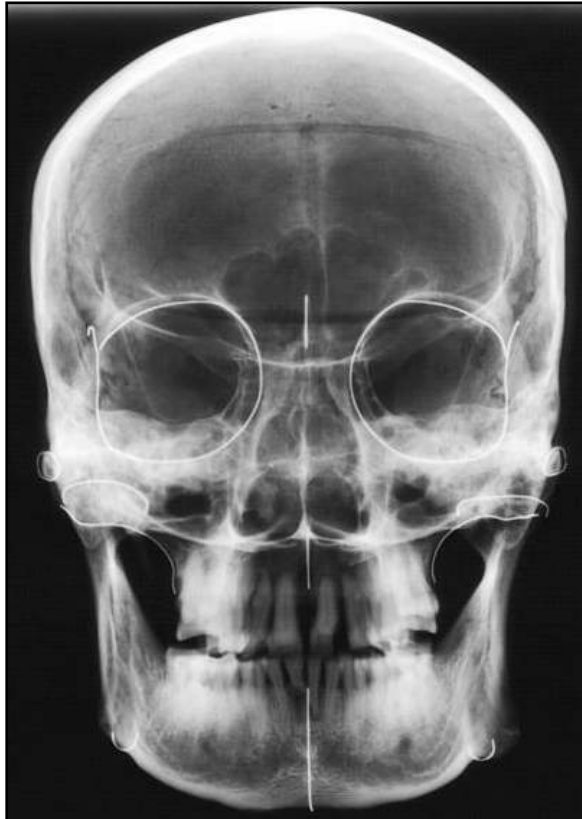
Die ersten frontalen Fernröntgenaufnahmen des Schädels für die radiologische Diagnostik in der kieferorthopädischen Praxis sind nach Rosenbusch et al. [81] auf Schwarz zurückzuführen. Allerdings wurde bei dieser Methode noch kein Kopfeinstellgerät verwendet. Wahrscheinlich geht auf Schwarz [89] auch eines der ersten Konzepte zur Analyse des frontalen Fernröntgenbildes zurück.

Heutzutage sind zum Teil äusserst differente Einstelltechniken und Konzepte zur Auswertung für die frontale Fernröntgenaufnahme in der Literatur veröffentlicht worden [73, 104]. Es lassen sich durchaus regionale Differenzen, beispielsweise hinsichtlich der Einstelltechnik, zwischen einer europäischen Lehrmeinung und dem Nordamerikanischen Kontinent feststellen [30, 35, 51]. Aber auch die für eine Analyse notwendigen Definitionen von Bezugspunkten und Achsen am Schädel basieren auf verschiedenen Konzepten und sind zum Teil auf sehr spezielle Fragestellungen und Indikationsschwerpunkte zurückzuführen [20, 44, 63, 95]. Seitdem sich die Fernröntgenaufnahme in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts langsam in der Kieferorthopädie etabliert hat [11, 39], wurden stetig neue Hilfsmittel und technische Verfahren zur Verbesserung der Qualität, der Reproduzierbarkeit und der Analyse der Röntgenaufnahme in der Norma frontalis entwickelt [72, 104].

## 2.2 Die frontale Röntgenaufnahme des Schädels

### 2.2.1 Aufnahmetechnik und Rahmenbedingungen

In der Literatur spielt die frontale Fernröntgenaufnahme und deren Analyse in der klinischen Anwendung, gegenüber dem lateralen Pendant, eher eine untergeordnete Rolle [18]. Es mangelt nicht an Erklärungsansätzen für die Besonderheiten, die sich



im Umgang mit der FRF ergeben [104]. Die dabei aufgeführten Gründe finden ihren Ursprung einerseits in einer geringeren Nachfrage nach der frontalen Darstellung als solche, andererseits in den verschiedenen gearteten Problemen, die mit ihrer Herstellung und Auswertung verbunden sind [85]. Bimler [9], Dausch-Neumann [21] und Fischer-Brandies [27] sehen als Grund für den erschwerten Durchbruch der Fernröntgenfrontalaufnahme in der Kieferorthopädie in erster Linie die Problematik der exakten Kopfeinstellung, um mit reproduzierbaren Aufnahmen arbeiten zu können.

Abb.2.5 FRF mit Drahtelementen am Schädel-Modell

Desweiteren entstehen projektionsbedingt zahlreiche Überlagerungen der knöchernen Konturen (Abb.2.5), so dass eine eindeutige Identifikation der definierten Analyse-Punkte mitunter erheblich erschwert sein kann [104]. Demzufolge ist die Qualität eines Röntgenbildes, welche von mehreren Faktoren in unterschiedlicher Weise beeinflusst wird, von entscheidender Bedeutung [62, 73]. So ist es nicht verwunderlich, dass die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis lange Zeit lediglich für wissenschaftliche Zwecke in komplexen Studien-Modellen herangezogen wurde und erst langsam Einzug in die kieferorthopädische Praxis fand [20, 44, 63, 95]. Im folgenden Kapitel soll nun auf diese Aufnahmebedingungen und technischen Daten der frontalen Fernröntgenaufnahme näher eingegangen werden.



Die Problematik einer jeden Röntgenaufnahme ist die Darstellung eines dreidimensionalen Körpers in einer zwei-dimensionalen Ebene [62, 73]. Durch diese Reduktion im Röntgenbild auf zwei Dimensionen kann es auf Grund von Verzeichnungen, Verzerrungen und daraus resultierenden Vergrößerungen zu Fehlinterpretationen der tatsächlichen anatomischen Strukturen kommen [101]. Bei der Untersuchung der technischen Rahmenbedingungen sind daher diejenigen Faktoren von besonderem Interesse, welche das Ausmass dieser Fehlerquellen grösstmöglich reduzieren [18].

Dazu sollte ebenfalls die Problematik der Unschärfe im Röntgenbild nicht ausser Acht gelassen werden [91]. Man kann eine Bewegungsunschärfe, eine Materialunschärfe und die geometrische Unschärfe voneinander differenzieren [101]. Es zeigen sich enorme Schwankungsbreiten für die Einstelltechniken der Fernröntgenaufnahme in der Norma fontalis [104]. Nicht nur die dem Wandel der Zeit unterliegenden technischen Erneuerungen und Verbesserungen lassen sich dokumentieren, sondern auch regionale Differenzen innerhalb Europas, verglichen mit dem Nord-Amerikanischen Kontinent, aufzeigen [33, 54, 78].

### **2.2.1.1 Der Fokus-Film-Abstand in der FRF**

Der Fokus-Film-Abstand ist ein wichtiges Kriterium, welches Korkhaus [54] schon 1959 beschrieben hat, um eine grösstmöglich zeichnungsfreie Wiedergabe der naturgetreuen Längen, Flächen und Winkel, im Hinblick auf die Auswertung der FRF, zu erhalten. Hausser [35] hat Untersuchungen mit einem definierten Objekt-Film-Abstand von 15 cm bei variablen Fokus-Film-Abständen durchgeführt. Demnach lässt sich eine Vergrößerung von 17,6% bei einem Abstand von 1 m ermitteln und lediglich eine Vergrößerung von 3,9% bei 4 m [35]. Jedoch muss andererseits bei einem vergrösserten Fokus-Film-Abstand auch mit einer verlängerten Belichtungszeit agiert werden, welche wiederum zu einer erhöhten Bewegungsunschärfe [74] und zu einer verstärkten Strahlenbelastung des Patienten durch die konsekutiv erhöhte Strahlendosis führt [26]. Daher werden unter den Autoren die Gründe für und wider eines vergrösserten Fokus-Film- bzw. Fokus-Objekt-Abstandes unterschiedlich bewertet [11, 39, 85, 89]. Die Tatsache, dass keine paarigen Regionen zur Deckung

gebracht werden müssen – wie beispielsweise bei der FRS – sprechen eher für eine kleinere Entfernung, wie Nawrath [70] bereits 1960 ausgeführt hat. Zudem hat dieser Autor festgestellt, dass lediglich relativ geringe Messunterschiede im Bereich von drei bis vier Metern zu beobachten sind. Es erscheint ferner sinnvoll die richtige Entfernung nach der erforderlichen Expositionszeit und der technischen Leistungsfähigkeit der Aufnahmeapparatur abzustimmen [62]. Unter dem Blickwinkel der Praktikabilität stellt der Platzbedarf ein weiteres Problem dar [73]. Eine Differenzierung der räumlichen Voraussetzungen in Klinik und Praxis erscheint ebenso als sinnvoll. An der Poliklinik für zahnärztliche Radiologie in Münster hat sich nach Ehmer [1] ein Fokus-Film-Abstand von 3,50 m für Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis und lateralis bewährt, so dass gegebenenfalls vergleichende Darstellungen dieser beiden Aufnahmetypen gegenüber gestellt werden können.

Ein historischer Überblick in chronologischer Reihenfolge über den Fokus-Film-Abstand in der frontalen Fernröntgenaufnahme zeigt die Tab.2.1:

2,30m Hofrath 1931	2,00m Schopf 1961	1,50m Ricketts 1982
1,50m Broadbent 1931	2,00m Nawrath 1963	1,50m Engel 1985
1,80m Margolis 1940	0,80m Ulrich 1963	1,95m Stabrun 1985
4,00m Korkhaus 1958	3,20m Braun 1966	4,00m Yen 1987
4-5m Dausch-Neumann 1960	2,35m Herren 1975	1,65m Kobayashi 1990
2,20m Eicher 1961	1,66m Olive / Basford 1981	1,80m Semb 1991
3,00m Nawrath 1961	1 - 2m Arnold 1982	3,60m Jammet 1991

Tab.2.1 Der Fokus-Film-Abstand in der FRF

### 2.2.1.2 Der Objekt-Film-Abstand in der FRF

Der Objekt-Film-Abstand ist im Gegensatz zu den unterschiedlichen Auffassungen über den bestmöglichen Fokus-Film-Abstand einheitlich in der Literatur beschrieben [54, 64, 67, 72]. Der Objekt-Film-Abstand ist definiert als die Entfernung zwischen



einer frontalen Ebene durch die Ohr-Oliven (bzw. Porionregion) und der Film-Ebene [62]. Um projektionsbedingte Vergrößerungen zu minimieren, sollte daher nach Herren [36] stets als Zielvorstellung für alle frontalen Fernröntgenaufnahmen ein möglichst kleiner Objekt-Film-Abstand angestrebt werden.

Anhand der Abb.2.6 werden die geometrischen Gesetzmässigkeiten in der Fernröntgenfrontalaufnahme nach Hsiao et al. [40] schematisch verdeutlicht:

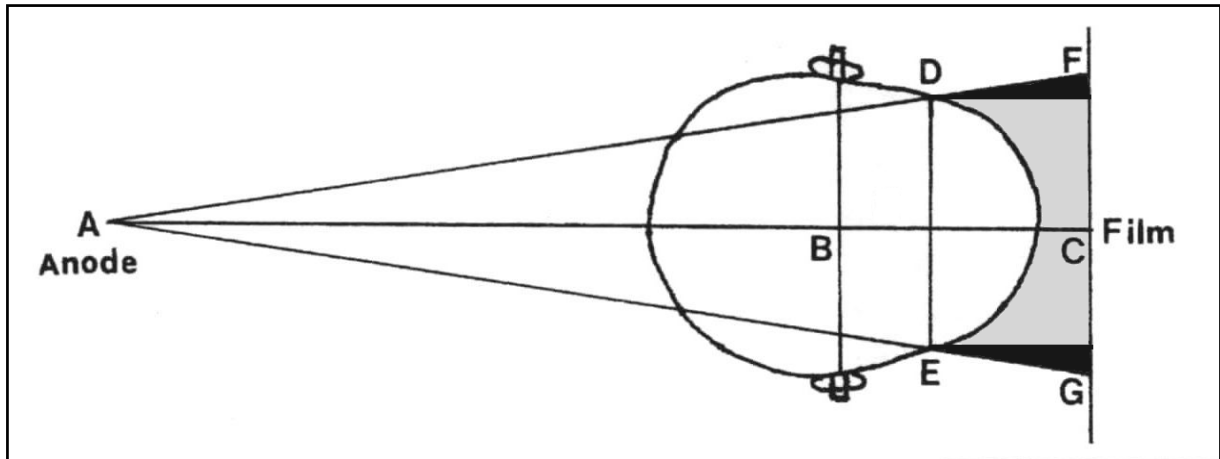


Abb.2.6 Geometrische Projektion im postero-anterioren Strahlengang [40]

Es lassen sich folgende Rechnungen aus diesem geometrischen Modell aufstellen, um der Forderung nach einem möglichst geringen Vergrößerungsfaktor gerecht zu werden [73]:

$$FG/DE = AC/AB$$

$$AB = \text{Fokus-Objekt-Abstand}$$

$$AC = \text{Fokus-Film-Abstand}$$

$$\text{Vergrößerungsfaktor} = FG/DE$$

$$BC = \text{Objekt-Film-Abstand}$$

$$DE = \text{Gegenstandsgrösse}$$

$$\text{Vergrößerungsfaktor} = (AC+BC)/AC$$

$$FG = \text{Bildgrösse}$$

Damit der Vergrößerungsfaktor auf der Film-Ebene gegen 1 geht, ist demzufolge der Objekt-Film-Abstand so klein wie möglich zu halten [73]. Bei den meisten Kephalostaten beträgt diese Distanz genormt ca. 15 cm [102].

### 2.2.1.3 Die Ausrichtung des Zentralstrahles in der FRF

Der Strahlengang bei der frontalen Fernröntgenaufnahme kann sowohl in antero-posteriorer (a.-p.), als auch in umgekehrter, also postero-anteriorer (p.-a.) Richtung erfolgen. Jedes einzelne Verfahren birgt seine eigenen Vor- und Nachteile [78]:



Der Strahlengang in antero-posteriorer Richtung (Abb.2.7) lässt eine exaktere Positionierung des Schädels zu und ermöglicht dadurch eine bessere Reproduzierbarkeit [73]. Besonders bei jüngeren Patienten ist diese Aufnahmetechnik leichter und somit mit weniger Fehlern behaftet zu realisieren [70].

Abb.2.7 Anterio-posteriorer Strahlengang



Der Strahlengang in postero-anteriorer Richtung (Abb.2.8) hingegen zeichnet sich durch eine filmnahe Positionierung des Viscerocraniums aus, so dass eine schärfere Darstellung der kieferorthopädisch-relevanten anatomischen Strukturen gewährleistet werden kann. Es werden folglich die facialen und dentalen Strukturen weniger stark verzeichnet [91].

Abb.2.8 Posterio-anteriorer Strahlengang

Daher wird von diesen zwei denkbaren Strahlengängen von Bimler [9] zweifelsohne der postero-anteriore standardmässig für die kieferorthopädisch-indizierte FRF bevorzugt. Schwarz [89] präferierte bereits 1958 die p.-a. Aufnahme, da die Wiedergabe der messbaren Winkel und Strecken durch die filmnahe Lage verzeichnungsfreier abgebildet werden.

### 2.2.1.4 Technische Aufnahmebedingungen in der FRF

Zur Verbesserung der technischen Aufnahmebedingungen werden einerseits spezielle Rasterkassetten für Fernröntgenaufnahmen mit unendlichem Fokus, als auch Verstärkerfolien (Lanex Regular) der Empfindlichkeitsklasse 400 verwendet [1, 62, 73]. Durch den heutzutage obligaten Einsatz dieser speziellen Verstärkerfolien wird nach Sonnabend [92] die Strahlendosis auf 10% reduziert. Insbesondere bei

den sich in der Regel noch im Wachstum befindlichen kieferorthopädischen Patienten ist eine Dosisreduktion angezeigt [26].

Die technischen Daten sind immer im Zusammenhang mit der verwendeten radiologischen Aufnahmeapparatur verknüpft [102]. Dosis und Expositionszeit sind wichtige Parameter, welche die Qualität der Röntgenaufnahme erheblich mitbestimmen [77]. Je nach anatomischer Ausprägung der knöchernen Strukturen wird in Münster individuell eine Röhrenspannung von 75 – 80 kV angelegt und eine Expositionszeit von 25 – 50 mAs verabreicht [1]. Die Expositionszeit der FRF wird nach Schopf [87] nahezu doppelt so hoch angesetzt wie bei der lateralen Fernröntgenaufnahme. Eine Belichtungszeit von einer Sekunde wird von Nawrath [69] hinsichtlich der Bewegungsunschärfe noch als tolerabel angesehen und muss gegebenenfalls bei lebhaften und unruhigen Kindern individuell angepasst werden.

Die Belastung der Gewebsstrukturen des Patienten im Bestrahlungsfeld durch die Röntgenstrahlen einer Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis sind nicht in allgemeingültiger Weise aufzuzeigen, sondern vielmehr stark von den individuell-anatomischen Gegebenheiten abhängig [26]. Die Strahlenbelastung ist daher auch im Vergleich zur Fernröntgenseitenaufnahme auf Grund der anderen anatomischen Voraussetzungen im Strahlengang deutlich erhöht, wie Mulick [67] in seinen Studien 1965 festgestellt hat. Der Zentralstrahl orientiert sich bei der FRF in der Mitte des Schädels und muß dadurch bedingt längere Strecken, dickere knöcherne Strukturen und ein breiteres Feld durchleuchten [78].

Sind die äusseren Rahmenbedingungen und technischen Gegebenheiten gut aufeinander abgestimmt, kann eine scharfe und detailgetreue Abbildung des Schädels im postero-anterioren Strahlengang erreicht werden [62, 73, 77].

### **2.2.2 Positionierung des Patienten**

Die Positionierung des Patienten und die Reproduzierbarkeit im Kephalostaten stellen nach Young-Jooh et al. [103] weitere wichtige Kriterien für die Aussagekraft einer Röntgenaufnahme dar. Nicht nur in der Diagnostik, sondern auch besonders im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlungssequenz, wenn jährliche Röntgenbilder zur Verlaufskontrolle des Therapieserfolges erstellt werden, muss eine

eindeutig standardisierte Positionierung des Patienten gewährleistet sein [51, 64]. Kleinste Abweichungen bei fehlerhafter Einstellung des Kopfes im Kephalostaten rufen bereits schwerste Asymmetriegrade hervor [61, 103].

Die Münster'sche Einsteltechnik für die frontale Fernröntgenaufnahme nach Ehmer [1] orientiert sich an der von Ricketts vorgestellten Kephalostaten-Technik. Bei der Positionierung des Schädels des Patienten ist unbedingt darauf zu achten, dass sich die Median-Sagittal-Ebene (=Mitten-Referenz-Ebene) senkrecht zur Bildauffang-Ebene und parallel zum senkrechten Filmrand befindet [72].

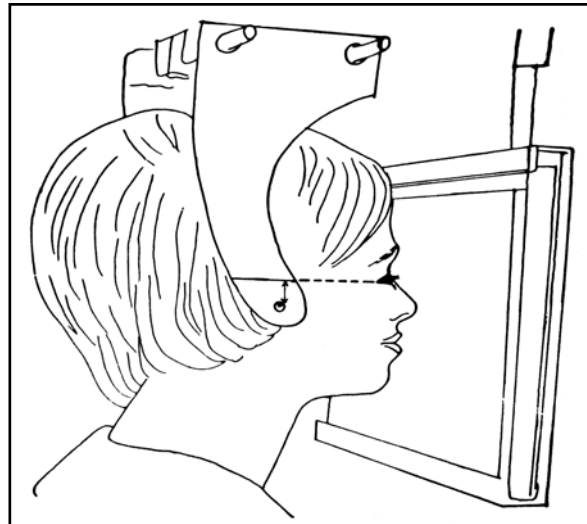


Abb.2.9 Patient im Kephalostaten

Diese Einstellung des Schädels wird durch die Ohrläppchen am Kephalostaten selber erleichtert. Desweiteren ist der bereits erwähnte Objekt-Film-Abstand in reproduzierbarer Weise auf standardisierte 15 cm festgelegt [62, 77]. Eine abschliessende manuelle Kontrolle der richtigen Positionierung des Schädels durch das Personal nach angelegtem Kephalostaten, ist als obligat zu verstehen [101].

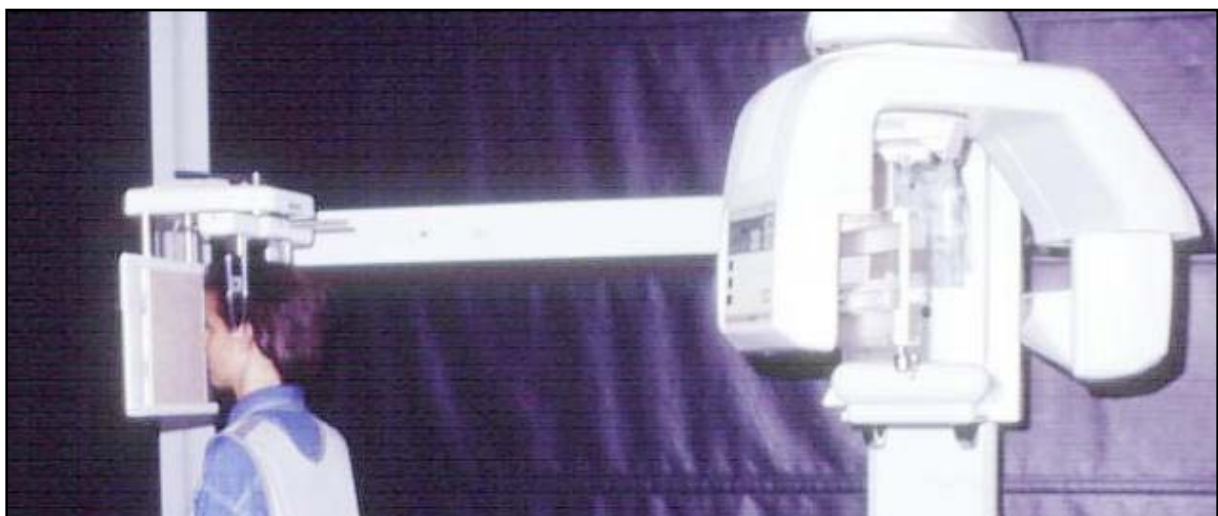


Abb.2.10 FRF-Röntgenapparatur

Bei fehlerhafter Positionierung des Schädels ergeben sich für die Analyse der Röntgenaufnahme nach Margolis [64] gravierende Fehler, so dass eine aussagekräftige Auswertung des Röntgenbildes nahezu unmöglich wird.

Einstellfehler bei der Positionierung des Kopfes können sich u.a. in einer Drehung, Kippung und / oder Neigung des Kopfes ergeben [51, 85, 103]:



Abb.2.11 Drehung



Abb.2.12 Kippung



Abb.2.13 Neigung

Die Drehung des Kopfes (Abb.2.11) um eine vertikale Achse kann eine "echte Asymmetrie" vortäuschen. Überlagerungen unterschiedlichster Art der bilateralen Strukturen äussern sich als Folge der Kippung des Kopfes (Abb.2.12) um eine sagittale Achse. Wenn der Kopf um eine horizontale Achse nach ventral geneigt wird (Abb.2.13), projiziert sich der Occipitalschatten von der Oberkiefer-Basis weg [103].

### 2.2.2.1 Reproduzierbarkeit im Kephalostaten

Um diesen Fehlern bei der Einstellung der frontalen Fernröntgenaufnahme entgegen zu wirken und eine weitestgehende Reproduzierbarkeit zu erlangen, bedient man sich sogenannter Positionierungshilfen – den Kephalostaten [53, 72]. Ihre Verwendung erleichtert einerseits die Einstellung der Schädelausrichtung in allen drei Raumebenen und gewährleistet zudem eine bedingte Fixierung des Patienten in dieser Position, so dass sich die Bewegungsunschärfe in der Zeit bis zur Strahlenexposition und während der Belichtung in tolerablen Grenzen hält [69].

Broadbent et al. [10] beschreiben zur Reproduktionsgenauigkeit den "Bolton-Broadbent-Kopfhalter" für die laterale und frontale Fernröntgenaufnahme, um einen

drei-dimensionalen Gesamteindruck zu erhalten. Korkhaus [54] stellt ein frontales Fernröntgen-Orientierungsgerät vor und Bimler [9] verwendet ein Röntgenvisier aus Plexiglas, um den Zentralstrahl exakt auf die Kassettenmitte und rechtwinklig zu dieser Ebene einzustellen, sowie den Kopf jeweils genau unter denselben Bedingungen orientieren zu können. Nawrath [69] hat ein einfaches Einstellgerät (Abb.2.15) bestehend aus Kunststoffrahmen, Brillengestell und Dosenlibelle zur Herstellung von Fernröntgenaufnahmen entwickelt.

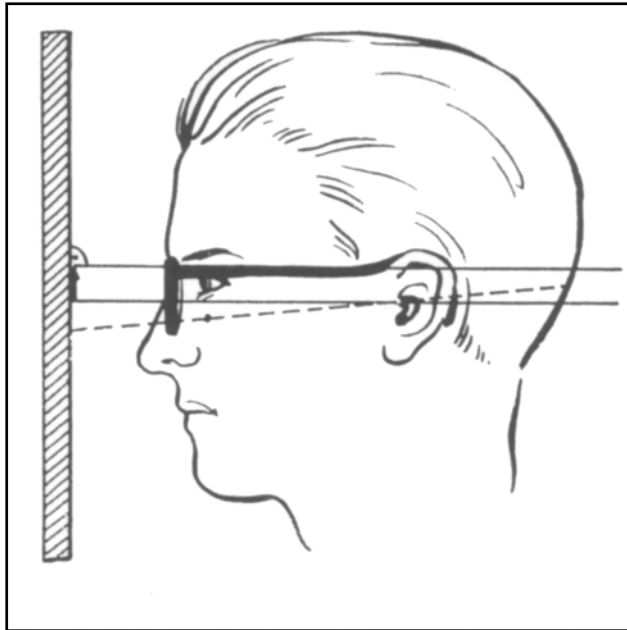


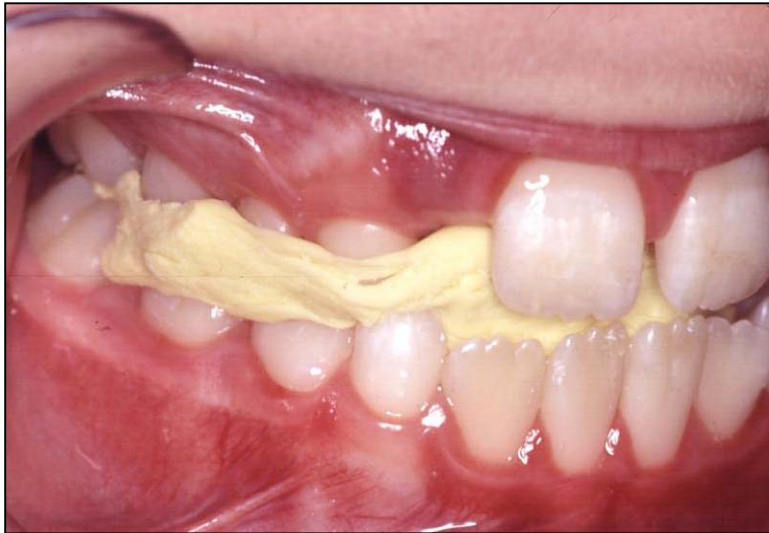
Abb 2.15 Einstellgerät zur FRF nach Nawrath [69]

Anhand dieser zahlreichen und auch zum Teil recht phantasievollen Gerätschaften wird verdeutlicht, dass bereits seit den Anfängen bis hin zur Gegenwart der Anfertigung des frontalen Fernröntgenbildes zunächst die Problematik der Reproduzierbarkeit eine wesentliche Voraussetzung zur Gewährleistung einer objektiven Analyse darstellt [78].

### 2.2.2.2 Mandibulaposition in der FRF

Von entscheidender Rolle für die Aussagekraft der FRF ist auch die Position, welche der Unterkiefer zum Aufnahmezeitpunkt einnimmt [51]. Die Angaben in der Literatur sind bezüglich der mandibulären Zuordnung während der FRF nicht einheitlich. Dabei wird vielfach die frontale Fernröntgenaufnahme bei geschlossener Zahnreihe in habitueller Okklusion durchgeführt [27, 35]. Ungeachtet der Gelenkposition stellt dies eine zahngeführte Stellung des Unterkiefers dar. Mulick [67] wies bereits 1965 auf die Möglichkeit hin, funktionelle Asymmetrien in der FRF festzustellen. Als funktionelle Abweichung werden Gleitbewegungen der Unterkiefer-Zähne von einer zentrischen in eine habituelle Okklusion aufgefasst. Die zentrische Okklusion wird als

die Zuordnung von Ober- zu Unterkiefer in physiologischer zentraler Kieferrelation bezeichnet. Die Mandibula-Position sollte daher in zentrischer Relation erfolgen [62]. Wenn es aus diagnostischer Sichtweise für notwendig befunden wird, kann die frontale Fernröntgenaufnahme auch gegebenenfalls mittels Zentrik-Schlüssel, wie in Abb.2.14 dargestellt, durchgeführt werden [1]. Eine exzentrische Position der



Mandibula, beispielsweise durch eine funktionelle Asymmetrie hervorgerufen, reproduziert in der frontalen Fernröntgenaufnahme nicht kalkulierbare Asymmetriegrade, so dass nahezu keine aussagekräftige Analyse der skelettalen Asymmetrie mehr möglich ist [18].

Abb.2.14 Zentrik-Schlüssel in situ

Folglich ist die Qualität der frontalen Fernröntgenaufnahme und somit die diagnostische Aussagekraft sowohl von einer exakten Positionierung des Schädels im Kephalostaten, als auch von der eingenommenen Mandibulaposition abhängig [9, 18, 85]. Fischer-Brandies [27] und Dausch-Neumann [21] sehen daher auch einen der Hauptgründe für die geringe Benutzung der FRF für kieferorthopädisch-diagnostische Zwecke in der Schwierigkeit, den Kopf des Patienten reproduzierbar zu positionieren und in der Analyse frontaler Fernröntgenaufnahmen.

### 2.2.3 Strahlenexposition

Die biologische Wirkung von Röntgenstrahlen ist hinlänglich bekannt und wurde auch schon kurz nach den ersten medizinisch angezeigten Aufnahmen deutlich [94]. Am 23. März 1896 konnte bereits beobachtet werden, dass 21 Tage nach der Anfertigung einer Schädelaufnahme ein Patient über Haarausfall klagte [102]. Weitere unerwünschte Nebenwirkungen waren schwere, nicht heilende

Hautverbrennungen. Immer mehr rückte die biologische Wirkung der Röntgenstrahlen in den Vordergrund [81, 94]. Eine stetig-wachsende Anzahl an Studien zum Strahlenschutz stellte den Beginn der modernen Strahlentherapie dar [92].

Untersuchungen zum somatischen Strahlenrisiko bei dentalen Röntgenaufnahmen sind daher ein wichtiger Aspekt, um die Schaden-Nutzen-Bilanz für die Anfertigung von Röntgenaufnahmen abzuwägen und rechtfertigen [26, 66]. Gerade im Bereich der Fachdisziplin Kieferorthopädie zählen zum Patientengut grösstenteils Jugendliche in der Wachstumsphase. Es sollten daher bei der Indikation zur jeweiligen Röntgenaufnahme zum einen der Informationswert und zum anderen die entsprechende Strahlenbelastung des Patienten für die Aufnahme berücksichtigt werden [92].

Jede Art von Strahlung ist grundsätzlich in der Lage Mutationen zu verursachen. Man unterscheidet somatische von genetischen Mutationen [73]. Besonders gefährdete Organe bei dentalen Röntgenaufnahmen sind die Speicheldrüsen, der Pharynx und die Glandula Thyroidea [66]. Ein nicht zu vernachlässigender Faktor ist zusätzlich die entstehende Streustrahlung im Bereich des umliegenden Gewebes. Kirsch [52] fordert daher bereits 1959 zur Reduktion der Strahlenbelastung des Patienten den standardmässigen Einsatz von Bleischürzen. Ferner ist zu beachten, dass der Mensch nicht nur einer medizinischen Strahlenexposition durch radiologische Untersuchungen ausgesetzt ist, sondern zusätzlich auch einer natürlich bzw. zivilisatorisch bedingten Strahlenexposition. Die natürliche Strahlenexposition führt nach Krieger und Petzold [52] im Weltmittel zu einer effektiven Äquivalentdosis von 2,4 mSv/a mit einer typischen individuellen Streubreite zwischen 1 und 5 mSv/a. Die genetisch signifikante Strahlendosis für die bundesdeutsche Bevölkerung aus medizinisch-indizierten röntgendiagnostischen Massnahmen entspricht dabei etwa 50% der natürlichen Strahlenexposition.

Sonnabend [92] hat 1976 in seinen Untersuchungen zum Strahlenrisiko bei dentalen Röntgenaufnahmen in der Kieferorthopädie die Hautoberflächen-Dosis bestimmt. Panoramaschichtaufnahmen weisen eine Hautflächen-Dosis von 2,5 mGy und Fernröntgenaufnahmen von 0,45 mGy auf. Es wird allerdings nicht zwischen lateraler und frontaler Fernröntgenaufnahme differenziert.

Ewen [26] hat sich 1984 in seiner Studie zum somatischen Strahlenrisiko bei dentalen Röntgenaufnahmen nicht nur auf die Oberflächendosiswerte am Schädel-



und Halsbereich der Haut beschränkt, sondern vielmehr seine Untersuchungen erweitert, um die Strahlenexposition umliegender Organe, wie u.a. rotes Knochenmark, Lunge und Gonaden, zu messen. Ausserdem hat Ewen [26] versucht, durch die Berechnung eines sogenannten "Somatisch-Signifikanten Dosisindex" (=SSD), der neben den Organdosen die jährlich durchgeführten Röntgenaufnahmen berücksichtigt, das durch diese Aufnahmen bedingte Strahlenrisiko quantitativ anzugeben [26].

Die folgende Tab.2.2 zeigt ausgewählte Studien in chronologischer Reihenfolge zur Strahlenbelastung der Gonaden bei einer frontalen Fernröntgenaufnahme mit einer Bleischürze von 0,25 mm Stärke:

Autor	Jahr	Röhrenspannung	Expositionszeit	Gonadendosis
Jung [46]	1960	90 kV	140 mAs	0,83 µGray
Sonnabend [84]	1976	k.A.	k.A.	0,13 µGray
Ewen [26]	1984	75 kV	15 mAs	0,2 µGray
Mini [61]	1991	70 kV	70 mAs	< 1 µGray

Tab.2.2 Strahlenbelastung der Gonaden bei der FRF

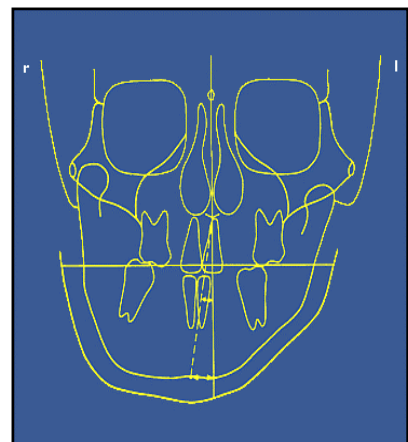
[Energiedosis D in Gray = Energie (Joule) / Masse (Kilogramm)]

Die stetige Weiterentwicklung in der Radiologie, sowie die Verwendung neuerer Materialien, wie Filme und Verstärkerfolien, aber auch die gesetzlich vorgeschriebene Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik haben die Strahlendosis im Laufe der Zeit erheblich reduziert [62, 92].

### 2.3 Die kephalometrische Analyse der FRF

Die visuelle Perzeption im klinischen Befund realisiert Asymmetrien erst ab einem gewissen Ausprägungsgrad, mit einer Differenzierung zwischen Laien und Kieferorthopäden [18, 85]. Daher war und ist man stets bestrebt ein Verfahren zu entwickeln, welche eine dem Kieferorthopäden grösstmögliche Objektivität gewährleistet cranio-faciale Asymmetrien röntgenologisch zu analysieren und zu klassifizieren. Ohne standardisierte kephalometrische Analysen ist die moderne Kieferorthopädie heute nicht mehr vorstellbar [23, 78].

Eine Vielzahl von Autoren haben sich daher mit der Fernröntgenanalyse (Abb.2.16) in der Kieferorthopädie auseinander gesetzt und die verschiedensten Konzepte zur Auswertung diesen Röntgentypes vorgestellt [30, 51, 56, 78]. Verglichen mit der lateralen Aufnahme des Schädels liegen jedoch nur relativ wenige Untersuchungen vor, welche sich mit der frontalen Fernröntgenanalyse auseinander setzen.



Vorwiegend die Abweichungen der Kieferrelation in der Sagittalen sind bei den kieferorthopädischen Standard-Patienten zu beobachten, so dass man lange Zeit glaubte, allein mit der lateralen Fernröntgenaufnahme diese vollständig erfassen zu können [7, 56, 69, 83]. Desweiteren entstehen projektionsbedingt zahlreiche Überlagerungen in der FRF, so dass eine eindeutige Identifikation der definierten Analyse-Punkte mitunter erheblich erschwert sein kann [104]. So ist es nicht verwunderlich, dass die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis lange Zeit lediglich für wissenschaftliche Zwecke in komplexen Studien-Modellen herangezogen wurde und erst langsam Einzug in die kieferorthopädische Praxis fand. Insbesondere im Rahmen der Diagnostik von skelettalen und dentalen Asymmetrien in der transversalen Ebene hat sich dieser frontale Aufnahmetyp als ergänzendes Hilfsmittel in der erweiterten Datenbasis etabliert [23, 67].

Es sind die unterschiedlichsten Einstelltechniken und Konzepte zur Auswertung für die FRF veröffentlicht worden [14, 24, 100]. Im folgenden Kapitel wird exemplarisch ein historischer Überblick bis zur Gegenwart der verschiedensten Ansatzpunkte zur Analyse des frontalen Fernröntgenbildes in der Kieferorthopädie vorgestellt.

### 2.3.1 Bedeutung der FRF in der kieferorthopädischen Diagnostik

Für die Diagnose, Therapie und Prognose cranio-facialer Asymmetrien sind nach Harvold et al. [32] die bildgebenden Verfahren der Radiologie unerlässlich. Nach den modernen Therapie-Konzepten in der Kieferorthopädie sollte keine Behandlung ohne vorherigem Orthopantomogramm und FRS einschliessender Analyse mehr erfolgen [23]. Die frontale Fernröntgenaufnahme wird zur erweiterten Datenbasis gezählt und ermöglicht insbesondere die Analyse von cranio-facialen Asymmetrien in der transversalen Ebene [9, 54]. Mit Hilfe der immer weiter verifizierten FRF-Analyse ist nach Schopf [87] eine Differenzierung von dentalen und / oder skelettalen Abweichungen gewährleistet. Bimler [9] sieht schon 1959 die grundsätzliche Bedeutung der Fernröntgenaufnahme in einer breiten klinischen Anwendung. Er fordert den Einklang der röntgenologischen Befunde mit dem klinischen Erfahrungsgut, welches sich auf der Basis der Modellbetrachtung angesammelt hat. Rückblickend auf eine nunmehr über zwanzig-jährige Erfahrung hält Bimler [9] die Anwendung des Fernröntgenverfahrens besonders in der kieferorthopädischen Praxis für unerlässlich. Mulick [67] zählt 1965 in "Clinical Use Of The Frontal Headfilm" zur Indikation der FRF cranio-faciale Asymmetrien, die Mittellinienverschiebung, die Neigung der Okklusionsebene in der Frontalsicht, die funktionelle mandibuläre Asymmetrie, die Beurteilung der Zähne und Zahnbögen, sowie kongenitale Deformationen, wie Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten oder Syndrome, beispielsweise die Hemifaziale Mikrosomie, auf. Nach der Meinung von Chebib und Chamma [14], Dahan [19], Dausch-Neumann [20], Hsiao et al. [40] und Grayson et al. [29] ist eine Kombination von frontaler und lateraler Fernröntgenaufnahme zur Beurteilung mandibulärer Asymmetrien notwendig, um einen drei-dimensionalen Gesamteindruck der knöchernen Strukturen zu erhalten. Computererstützte Methoden vereinfachen immer mehr die radiologische Analyse, so dass der 1958 von Schwarz [89] geäußerte Wunsch, "das Gebiß im Schädel hinter den bedeckenden Weichteilen wie hinter Glas liegen zu sehen", mittels dreidimensionaler Computer-Tomographie längst medizinische Realität geworden ist [98]. Langlade [57] hat sowohl vom asymmetrischen Patienten selber, als auch von den Eltern Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis anfertigen lassen, um nicht nur eine momentane Diagnose bzw. Dokumentation zu erhalten, sondern eine frontale Vorhersage des langfristigen Gesichtswachstums treffen zu können, so dass die orthodontische Therapie bereits vorausschauend optimiert werden kann.

### **2.3.2 Kephalometrische Analysen**

Jedes kephalometrische Analyse-Verfahren ist durch die Definition der Referenzpunkte determiniert [61]. Unabhängig von der Tatsache, ob lineare und / oder anguläre Messungen in der Auswertung vorgenommen werden, bzw. eine eher als einfach einzustufende oder komplexere Methode zu Grunde liegt, ist die Aussagekraft der Analyse nur so präzise, wie es die Identifikation und die Reproduzierbarkeit der Referenzpunkte zulassen [65]. Aber gerade dieser Aspekt wird von den verschiedensten Autoren immer wieder im Zusammenhang mit der frontalen Fernröntgenaufnahme als Manko angesehen, da zuverlässige Bezugspunkte schwer zu definieren und im Röntgenbild aufzufinden seien [64, 69, 74, 79]. Gründe liegen hierbei in der Überlagerung von knöchernen Strukturen im Zentralstrahl, einer erschwerten Positionierung des Schädels im Kephalostaten, sowie der anfänglich schlechten technischen Aufnahmebedingungen [104]. Es wurde eine Vielzahl an unterschiedlichsten Hilfsmitteln verwendet, beispielsweise die von Schwarz [88] beschriebene Benutzung von Bleikugeln in den äusseren Gehörgängen, um eine verbesserte Lokalisation der Referenzpunkte zu erzielen. Durch den standardmässigen Gebrauch von Kephalostaten wurde eine weitestgehende reproduzierbare Positionierung des Schädels gewährleistet [11, 39]. Im folgenden Abschnitt werden nun exemplarisch einige ausgewählte Analyse-Verfahren zur Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis beschrieben.

#### **2.3.2.1 Identifikations-Genauigkeit der Referenzpunkte in der FRF**

In nahezu keinem anderen Bereich der Medizin werden an die Auswertung von Röntgenaufnahmen so hohe Anforderungen gestellt, wie in der Kieferorthopädie [9, 67]. Nach Stamm [93] ist die Voraussetzung für eine Analyse von frontalen Fernröntgenaufnahmen eine gute Lokalisierbarkeit der Bezugspunkte. Diese ist abhängig von der Qualität der Röntgenaufnahme, Überlagerungen anatomischer Strukturen und nicht ganz unerheblich von der Erfahrung des Betrachters [74]. Ferner spielt eine genaue Definition der Messpunkte eine primär entscheidende Rolle [25, 51, 56].

Grundsätzlich lassen sich Referenzpunkte wie folgt in drei Gruppen unterteilen [61]:

- Anatomische (bzw. anthropologische) Punkte:  
Bezugspunkte, welche an oder innerhalb der Knochenstruktur lokalisierbar sind.
- Röntgenologische Punkte:  
Bezugspunkte, welche an Schnittpunkten von röntgenologischen Strukturen entstehen.
- Konstruierte Punkte:  
Bezugspunkte, welche sekundär von anatomischen und / oder röntgenologischen Referenzpunkten ausgehend konstruiert werden.

Während die anatomischen Referenzpunkte am Schädel in der Regel recht gut zu lokalisieren sind, bestehen zum Teil erhebliche Schwierigkeiten diese Strukturen in der Röntgenaufnahme dann wieder zu erkennen [79]. Durch ungünstige Überlagerungen im Zentralstrahl wird die Differenzierung oftmals erschwert [65]. Röntgenologische Punkte lassen sich demgegenüber nach Major et al. [61] als Schnittpunkte von knöchernen Konturen ziemlich genau ausfindig machen. Erst mit der Projektion auf ein zwei-dimensionales Röntgenbild entstehen die konstruierten Bezugspunkte und sind somit nicht direkt am Schädel zu lokalisieren. Desweiteren bergen solche Referenzpunkte, welche an die genaue Auffindung anderer Punkte und Strukturen gebunden sind, eine gewisse Unsicherheit [74].

Ein weiterer Faktor ist nach Stamm [93] die Konstanz der Konturen. Stets müssen auch die wachstumsbedingten Variationen entsprechend des Alters, des Geschlechts und auch der Rasse mitberücksichtigt werden.

Da die Bezugspunkte den Grundstein für die Analyse der frontalen Fernröntgenaufnahme bilden [14, 30, 100], wurden die unterschiedlichsten Methoden zur Erleichterung des Auffindens derer beschrieben. Bereits 1959 hat daher Schwarz [88] vorgeschlagen kleine Bleikugeln in die äusseren Gehörgänge einzuführen, um eine röntgenopake Markierungshilfe auf der frontalen Abbildung des Schädels zu erhalten. Dabei sollte sich nach Schwarz [88] der Kugel-Oberrand im Bereich des Porion bewegen. 1982 veröffentlichte Arnold [4] das Konzept der Verkleidung der

klinischen Kronen der Oberkiefer Sechs-Jahr-Molaren mit Zinnfolie. Grummons und Kappeneye [30] hingegen haben 1987 vorgeschlagen die Okklusionsebene mittels intraoraler Drahtmarkierung mit einer Länge von ca. 50 – 60 mm zu kennzeichnen. Rune et al. [82] haben in ihren Studien zur Identifikations-Genauigkeit von Referenzpunkten in der frontalen Fernröntgenaufnahme Metall-Implantate verwendet. Durch diese Methode wurde der Kontrast in der Röntgenaufnahme verstärkt. Als problematisch ist allerdings die Tatsache zu werten, dass die Implantate ebenso genau in reproduzierbarem Masse am Patienten positioniert werden müssen und somit eine doppelt so hohe Fehlerquelle geschaffen wird. Ein erschwertes Problem im frontalen Fernröntgenbild stellt insbesondere das Auffinden der Referenzpunkte Gonion und Antegonion dar. Legrell et al. [59] haben 2000 daher eine Methode zum Transfer des Bezugspunktes Gonion von lateralen zu frontalen Fernröntgenaufnahmen entwickelt. Zunächst wurden die klinisch von extraoral palpieren Bezugspunkte am Patienten mit einem speziell-entwickelten Stativ markiert und in der lateralen Aufnahme abgebildet. Anschliessend erfolgte anhand dessen die Übertragung der Referenzpunkte auf die frontale Fernröntgenaufnahme.

Diese aufgezeigten Versuche verdeutlichen die Schwierigkeit der Lokalisationsgenauigkeit von Messpunkten in der frontalen Fernröntgenaufnahme. Die Analyse der frontalen Schädelaufnahme ist aber nach Richardson [79] massgeblich von diesen Punkten abhängig. Bei ungenauer Determination der Bezugspunkte sind entscheidende diagnostische Fehler in der metrischen Auswertung vorprogrammiert [51]. Daher sollte kritisch die objektive Aussagekraft einer FRF-Analyse bewertet werden. Neben den von Major et al. [61] beschreibenden projektionsbedingten Fehlern im Röntgenbild und den damit konsekutiv assoziierten Identifikations-Ungenauigkeiten der einzelnen Referenzpunkte, ist desweiteren die Erfahrung des Betrachters von immenser Bedeutung. Studien von Dahan [18] und Schmuth [85] zeigen eine zum Teil recht weite Streuung zur Lokalisationsgenauigkeit der einzelnen Bezugspunkte bei der Zuordnung durch unterschiedliche Kieferorthopäden bei ein und der selben Fernröntgenaufnahme.

### 2.3.2.2 Computergestützte Verfahren zur Auswertung der FRF

Zur vereinfachten Auswertung der Fernröntgenfrontalaufnahme haben sich immer mehr computergestützte Verfahren in der kieferorthopädischen Fernröntgen-Analyse etabliert [22, 25, 98]. Konventionelle Analyse-Verfahren von Fernröntgenaufnahmen in der Kieferorthopädie beschränkten sich lange Zeit auf das Durchzeichnen der knöchernen Strukturen auf eine Celluloid-Folie [33, 50, 80]. Aufnahmetechnisch bedingte kontrastschwache Areale einer Aufnahme haben eine zulässige Auswertung zum Teil extrem erschwert und konnten nur durch eine erneute Anfertigung einer wiederum strahlenbelastenden Aufnahme korrigiert werden [53]. Die computergestützten Verfahren erlauben hingegen dem Betrachter eine digitalisierte Nachbearbeitung der Röntgenaufnahmen [25]. Einzelne Bereiche des Röntgenbildes können ebenfalls vergrößert am Monitor betrachtet werden. Zudem ist die Analyse nicht mehr allein von den künstlerischen Fähigkeiten des Betrachters abhängig und gewährleistet somit eine weitestgehende Standardisierung [64]. Ein weiterer Vorteil ist die Form der Archivierung der Analyse-Ergebnisse der einzelnen Patienten und im Zeitalter der modernen Datenkommunikation auch der problemlose und schnelle Transfer via Netzwerk [78].

El-Mangoury et al. [25] haben bereits 1987 ein Interaktives Computer-Graphisches Analyse-Programm für die Fernröntgenfrontalaufnahme mit dem Namen "EA-PAX" vorgestellt. Pirttiniemi et al. [74] haben zahlreiche frontale Fernröntgenaufnahmen an anatomischen Schädeln angefertigt und anhand derer Analyse kalkulierbare geometrische Fehler in der FRF ermittelt. Diese Ergebnisse wurden dann in einem Computer-Programm integriert. Zur Analyse von linearen Streckenmassen und Winkeln in der FRF können projektionsbedingte Verzeichnungen und Vergrößerungen durch das Programm automatisch korrigiert werden. Voraussetzung sind selbstverständlich für das Computer-System relevante standardmässige Parameter bei der Herstellung der frontalen Aufnahme, wie beispielsweise ein klar definierter Fokus-Film-, als auch Objekt-Film-Abstand etc.

Ehmer und Wegener [22] haben die diagnostische Aussagekraft von Symmetriegraden einer speziell adaptierten computergestützten mandibulären Symmetriegradanalyse (=CMD) bewertet. Durch Serien von Fernröntgenfrontalaufnahmen mit experimentell simulierten Rotationen und Kippungen der Unterkiefer-Modelle konnten Verzerrungen der Symmetriegrade

dargestellt werden. Die prozentuale Symmetriegradbestimmung bei skelettaler Asymmetrie liess sich von diagnostischem Wert nachweisen. Computergestützte Differentialanalysen zwischen funktionellen und skelettalen Asymmetriekomponenten erwiesen sich bei dem zwei-dimensionalen Abbildungssystem der FRF jedoch als nicht valide [22].

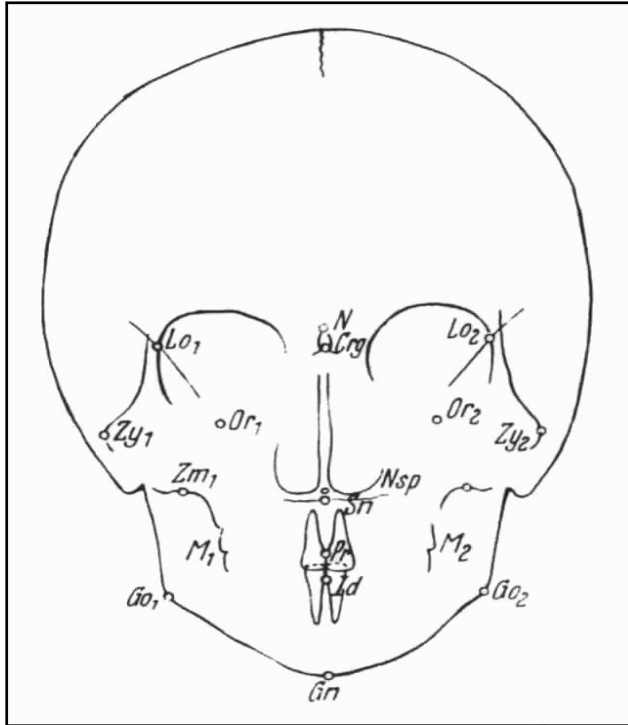
### **2.3.2.3 Differente Analysen zur FRF**

Im Bereich der lateralen Fernröntgenaufnahme gibt es eine Reihe von validierten Analyse-Konzepten [7, 14, 30, 95, 100]. Diese beziehen sich zum grössten Teil auf wachstumsunabhängige Bezugspunkte. Für die Auswertung der frontalen Fernröntgenaufnahme existieren zum einen erheblich weniger Konzepte und zum anderen mit gravierend differenten Ansätzen [9, 54, 80]. So wurden Analyse-Verfahren oftmals primär für ausgewählte Studien und Problemstellungen entwickelt und konstruiert [5, 13, 36, 49]. Dies hat zur Folge, dass diese speziellen Analysen zur FRF auch nur bei dieser besonderen Fragestellung aussagekräftig sind. Die jeweilige Indikation, aus der heraus die Aufnahme angefertigt wurde, muss bei der gewählten Auswertungsmethode der FRF mit in Betracht gezogen werden [35]. So kann festgehalten werden, dass jede dieser Analysen zu bestimmten Fragestellungen ihre Vorteile, aber auch ihre Grenzen hat. Die unterschiedlichen Analyse-Ansätze mit einer Vielzahl an differenten Referenzpunkten können als Hinweis dafür gesehen werden, dass im Gegensatz zur lateralen Fernröntgenaufnahme, noch keine absolut zuverlässigen und allgemein akzeptierten Auswertungs-Verfahren zur Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis vorhanden sind [9, 54].

Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, liegen die unterschiedlichsten kephalometrischen Analysen zur FRF vor [7, 14, 30, 95, 100]. Nach der Einführung der lateralen Fernröntgenaufnahme konzentrierte sich die Kieferorthopädie erst wesentlich später auch auf das frontale Pendant [80]. Die ersten näher untersuchten Verfahren wurden in den Anfängen der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts veröffentlicht [20, 67]. Aber hauptsächlich gegen Ende der 70er bis Anfang der 90er Jahre wurde zahlenmässig der grösste Anteil an Auswertungs-Methoden zur frontalen Fernröntgenaufnahme vorgestellt [14, 29, 95, 100].



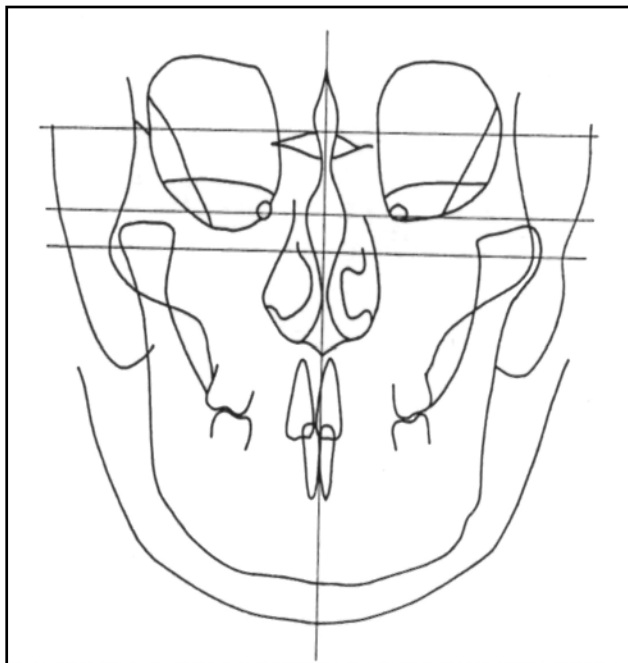
Dausch-Neumann [20] hat 1960 im deutsch-sprachigen Raum als eine der ersten mit ihrem Beitrag "Die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis bei der Progenie", sowohl Angaben zu den technischen Aufnahmebedingungen, als auch zur Analyse



selber beschrieben. Dieses Auswertungs-Verfahren zur FRF beruht auf eine Modifikation von Kulkarni [20]. Die für die Analyse erforderlichen 6 bilateralen und 7 median-lokalisierten Bezugspunkte werden zur Konstruktion der 5 Referenzebenen herangezogen (Abb.2.17). Es werden vornehmlich skelettale, aber auch 3 dentale Messpunkte definiert. Neben der Definition der Referenzpunkte werden allerdings keine genauen Angaben bezüglich der Auswertung gemacht.

Abb.2.17 FRF-Analyse nach Dausch-Neumann [20]

Unter dem Titel "The Clinical Use Of The Frontal Headfilm" differenzierte Mulick [67] 1965 seine Bezugsebenen nach geometrischen Gesichtspunkten. Der Autor definierte eine in seinen Augen massgebliche vertikale Hilfslinie, "Maximum Midline",



und 3 horizontale Ebenen (Abb.2.18). Diese definierten Ebenen erlaubten anguläre Messungen zueinander, so dass Mulick [67] das Hauptaugenmerk der FRF zur Bewertung von Mittellinienabweichungen sieht. Ferner unterscheidet er bereits faciale Asymmetrien von funktionalen Abweichungen der Mandibula. Mulick [67] fordert den vermehrten Einzug der frontalen Aufnahme des Schädels in die Kieferorthopädie.

Abb.2.18 FRF-Analyse nach Mulick [67]

Den klinischen Nutzen der Fernröntgenfrontalaufnahme sieht Mulick [67] desweiteren in der Diagnostik von Patienten mit einer Maxilla-Breiten-Problematik, zur Bewertung der dentalen Situation und zur Typisierung der morphologischen Strukturen beim asymmetrischen Patienten.

Nachdem die erste Ära der FRF-Analyse in den beginnenden 60er Jahren des 20. Jahrhunderts sich noch mit verhältnismässig wenigen Bezugspunkten und -ebenen begnügte, wurden in den folgenden Jahren immer komplexere Verfahren publiziert. Die in den einzelnen Untersuchungen verwendeten Messpunkte und die daraus konstruierten Ebenen und Axen wurden eher auf spezielle Fragestellungen hin entwickelt und erfordern zum Teil lange Einarbeitungszeiten in die Studien-Modelle.

In den radiologischen Untersuchungen zur Fernröntgenfrontalaufnahme von Vig und Hewitt [100] standen 1975 neben den bereits bekannten linearen Messungen der Strecken zwischen den Bezugspunkten in erster Linie anguläre Auswertungen im Vordergrund. Ähnlichkeiten in der Wahl der Messpunkte zu Dausch-Neumann [20] verdeutlichen die ebenso 7 bilateral gewählten Punkte, bei allerdings nur 4 unpaarigen Referenzpunkten. Trotz der nahezu identischen Definition der Bezugspunkte, haben die Autoren einen neuen Schwerpunkt in ihren Ansatz zur

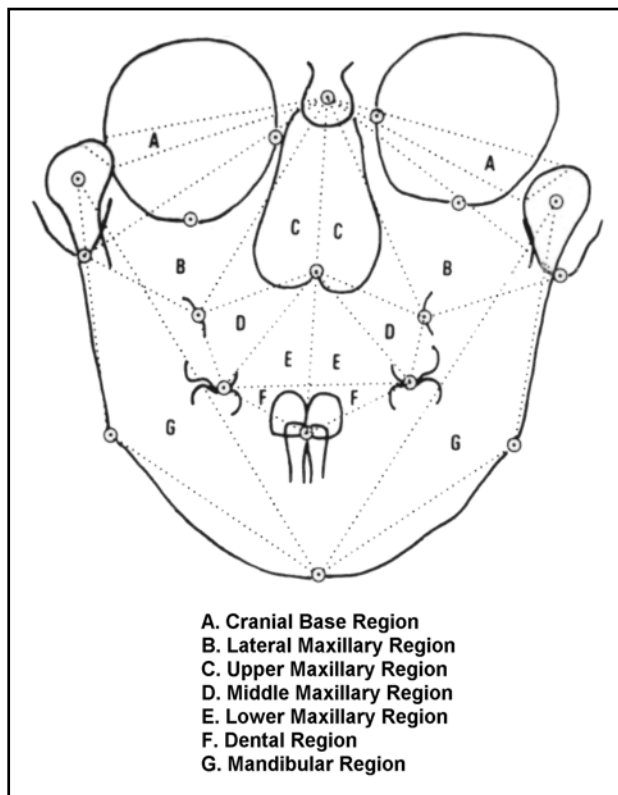
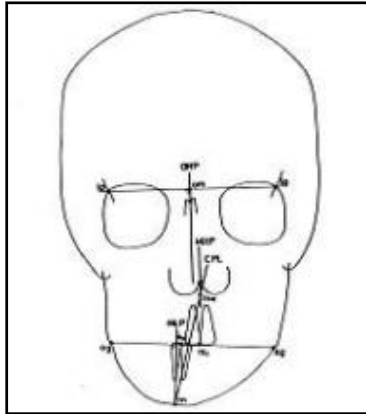


Abb.2.19 FRF-Analyse nach Vig und Hewitt [100]

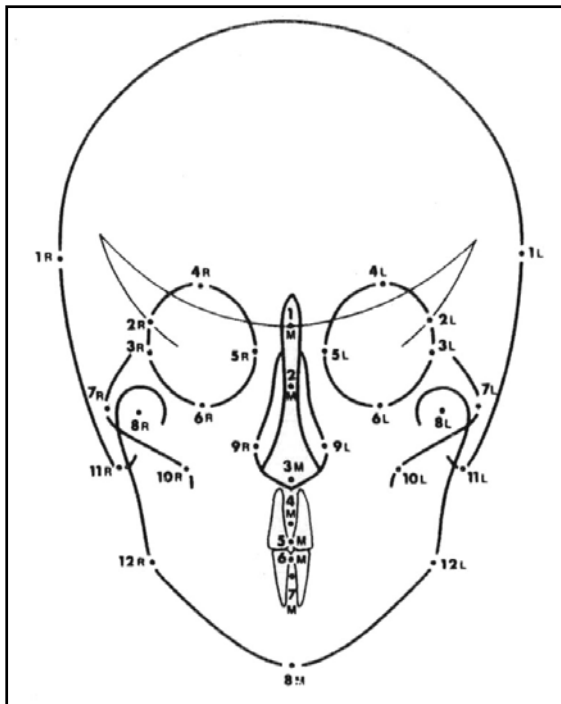
FRF-Analyse gelegt. Anhand der definierten Referenzpunkte, welche in bestimmter Weise miteinander verbunden waren, wurden 7 paarige Regionen in der frontalen Aufnahme geschaffen (Abb.2.19). Hewitt und Vig [100] haben diese Aufteilung des Röntgenbildes als "Triangulation Of The Face" genannt. Eine Median-Sagittal-Ebene wurde zusätzlich separat für Maxilla und Mandibula konstruiert und mit den definierten Regionen angular in Beziehung gesetzt. Es konnten somit Mittellinien-Abweichungen isoliert für Ober- und Unterkiefer ermittelt werden.

1977 hat Svanholt [95] Untersuchungen zur Fernröntgenfrontalaufnahme in Bezug auf cranio-faciale Abweichungen in der transversalen Ebene auf das Verhältnis der Mittellinien zwischen Kiefer- und Zahnbögen reduziert. Aus einer horizontalen und einer vertikalen Bezugsebene, zusätzlich für Maxilla und Mandibula einen Kiefer- und einen dentalen Mittelpunkt, sowie Senkrechten auf den Kiefermittelpunkten



errechnen sich 8 Variablen (Abb.2.20). Beim symmetrischen Patienten ergibt sich im Ideal-Fall der Wert null. Diese Untersuchung stellt eine abgeschlossene Methode zur Abschätzung der Mittellinien-Deviation dar. Ferner lassen sich aber auch dento-alveoläre Asymmetrien untersuchen. Dieses Analyse-Verfahren zur frontalen Fernröntgenaufnahme beruht hauptsächlich auf der Analyse von Winkelmessungen.

Abb.2.20 FRF-Analyse nach Svanholt [95]



Chebib und Chamma [14] haben 1981 eine Methode zur Lokalisation der Dysplasiestrukturen bei cranio-facialer Asymmetrie beschrieben. Das grundlegende Konzept stellt ähnlich wie bei Svanholt [95] den Vergleich zwischen zwei definierten Mitten-Sagittal-Ebenen dar. Die erste Ebene ist durch median-loklisierbare Bezugspunkte determiniert und die andere durch die Mittelpunkte zwischen den bilateralen Punkten (Abb.2.21).

Abb.2.21 FRF-Analyse nach Chebib und Chamma [14]

Daraus lassen sich sechs Asymmetrie-Indizes ableiten: Index of Lateral Expansion, Index of Oblique Distorsion, Index of Vertikal Distorsion, Index of Vertikal Disharmony, Index of Mid-Sagittal Distorsion und Index of Bilateral Distorsion. Eine Abschätzung von der Art und der Grösse der cranio-facialen Abweichungen lässt sich anhand dieser ermittelten Indizes erstellen.

Neuere Studien zur Analyse der Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis haben immer wieder weitere differente Ansatzpunkte auserwählt. Zum Teil sind diese Verfahren sehr speziell auf die jeweilige Indikation und Fragestellung der Studie aufgebaut. Im folgenden seien hier ein paar wenige Studien-Modelle noch vollständigshalber aufgeführt.

Grayson et al. [29] ziehen 1983 die Analyse der Fernröntgenfrontalaufnahme zur Untersuchung von Patienten mit Hemifacialer Mikrosomie heran. Grummons und Kappeneye [30] stellen 1987 eine zusammengesetzte Studie auf der Grundlage von sechs völlig unterschiedlichen Ansätzen zur Interpretation der frontalen Aufnahme vor. Athanasiou [6] beschreibt 1992 den Aufbau von einer grossangelegten Longitudinal-Studie bei Patienten mit bilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte zum Zeitpunkt des 3., 8. und 12. Lebensjahres mittels der FRF-Analyse. Und Marchetti et al. [63] bedienen sich 2000 der Auswertung der FRF bei Hemimandibulärer Hyperplasie.

#### **2.3.2.4 XV-Punkte-Fernröntgenfrontal-Analyse nach EHMER**

In der Poliklinik für Kieferorthopädie am Universitätsklinikum Münster wird routinemäßig zur Auswertung der Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis die XV-Punkte-Kombinationsanalyse nach Prof. Dr. Ulrike Ehmer [24] verwandt. Dieses Konzept basiert auf 37 exakt definierten Referenzpunkten – 15 davon bilateral und 7 median lokalisierte Punkte. In dem folgenden Register werden die verwendeten Knochen-, Zahn- und Weichteil-Punkte (r: rechts / l: links), sowie die Definition der vertikalen und horizontalen Ebenen aufgeführt:

##### **Definition der FRF-Referenzpunkte:**

<b>Cg</b>		Christa galli Punkt
<b>Zr</b>	<b>Zl</b>	Zygomaticus-Punkt
<b>AZr</b>	<b>AZl</b>	Arcus-Zygomaticus-Punkt
<b>Nr</b>	<b>Nl</b>	Nasenpunkt
<b>Mr</b>	<b>Ml</b>	Maxillapunkt

<b>aGr</b>	<b>aGl</b>	Antegonion-Punkt
<b>pr-M</b>	<b>pl-M</b>	Paramedianer Mandibula-Punkt
<b>f-Spa</b>		Frontale Spina nasalis anterior
<b>f-Me</b>		Frontales Menton
<b>UpImc</b>		Oberer dentaler Mittenpunkt
<b>LoImc</b>		Unterer dentaler Mittenpunkt
<b>r-1UpMb</b>	<b>l-1UpMb</b>	Oberer Molarenpunkt bukkal
<b>r-1LoMb</b>	<b>l-1LoMb</b>	Unterer Molarenpunkt bukkal
<b>r-MoP</b>	<b>l-MoP</b>	Molarenokklusionspunkt
<b>r-MoPk</b>	<b>l-MoPk</b>	Molarenokklusionspunkt konstruiert
<b>sr-Gom</b>	<b>sl-Gom</b>	Superiores Gonion molle
<b>ir-Gom</b>	<b>il-Gom</b>	Inferiores Gonion molle
<b>pr-Mm</b>	<b>pl-Mm</b>	Paramedianer Mandibula mollis Punkt
<b>f-Mem</b>		Frontales Menton molle
<b>r-Co</b>	<b>l-Co</b>	Condylon
<b>r-Lc</b>	<b>l-Lc</b>	Laterocraniale
<b>f-S</b>		Frontale Sella

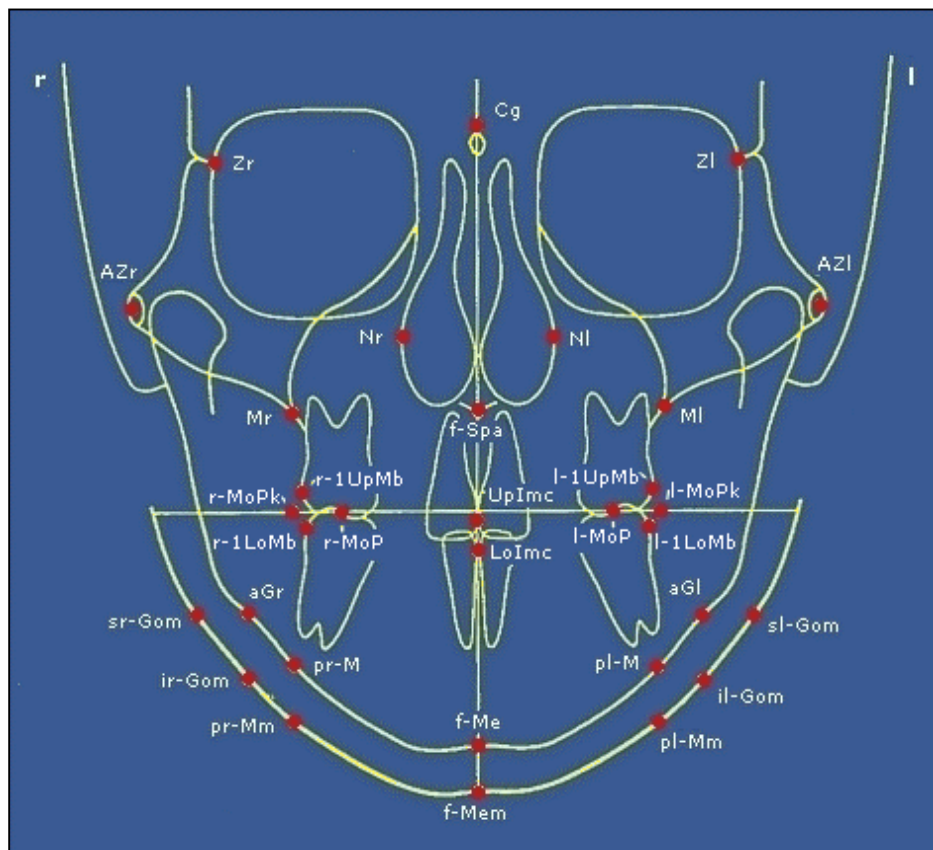


Abb.2.22 Definition der FRF-Referenzpunkte nach Ehmer [24]

**Definition der vertikalen Ebenen:**

<b>AMR</b>		<u>Anatomische Referenz-Ebene:</u> Senkrechte durch <i>Cg</i> und senkrecht zur <i>Z-Ebene</i> .
<b>rf-FP</b>	<b>If-FP</b>	<u>Frontales Fazial-Planum:</u> Strecke zwischen den Punkten <i>aG</i> und <i>Z</i> .
<b>rf-MM</b>	<b>If-MM</b>	<u>Maxilla-Mandibula-Ebene:</u> Zwischen <i>M</i> und <i>aG</i> einzeichnen.
<b>kMR</b>		<u>Konstruierte Mitten-Referenz-Ebene:</u> <i>Z-Ebene</i> halbieren und dort einen Hilfspunkt setzen und Ebene als Senkrechte zur <i>Z-Ebene</i> durch diesen Hilfspunkt zeichnen.
<b>rf-OM</b>	<b>If-OM</b>	<u>Frontale Orbita-Maxilla-Ebene:</u> Beidseitige Verbindung von <i>M</i> mit <i>Z</i> .

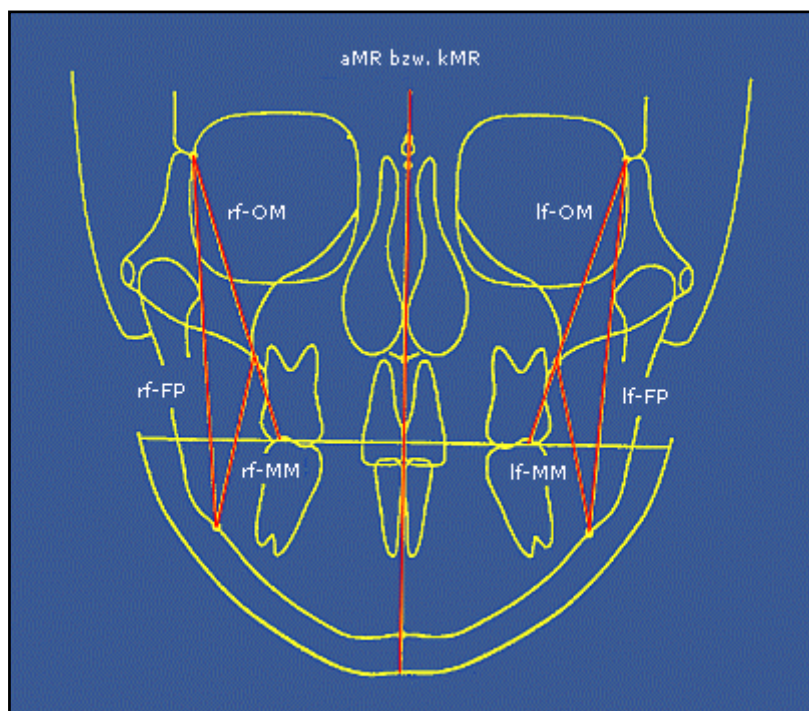


Abb.2.23 Definition der vertikalen Ebenen nach Ehmer [24]

**Definition der horizontalen Ebenen:**

<b>Z-Ebene</b>	Verbindung der Punkte <i>Zr</i> mit <i>Zl</i> .
<b>AZr-Azl</b>	<u>Gesichtsbreite</u>
<b>Mr-Ml</b>	<u>Maxillabreite</u>
<b>f-Mo-P</b>	<u>Frontales Molarenokklusionsplanum:</u> Verbindungsline zwischen <i>r-MoP</i> und <i>l-MoP</i> .
<b>aGr-aGl</b>	<u>Mandibulabreite</u>
<b>f-Me-Ebene</b>	<u>Frontale Menton-Ebene:</u> Parallele zur <i>Z-Ebene</i> durch <i>f-Me</i> ziehen.

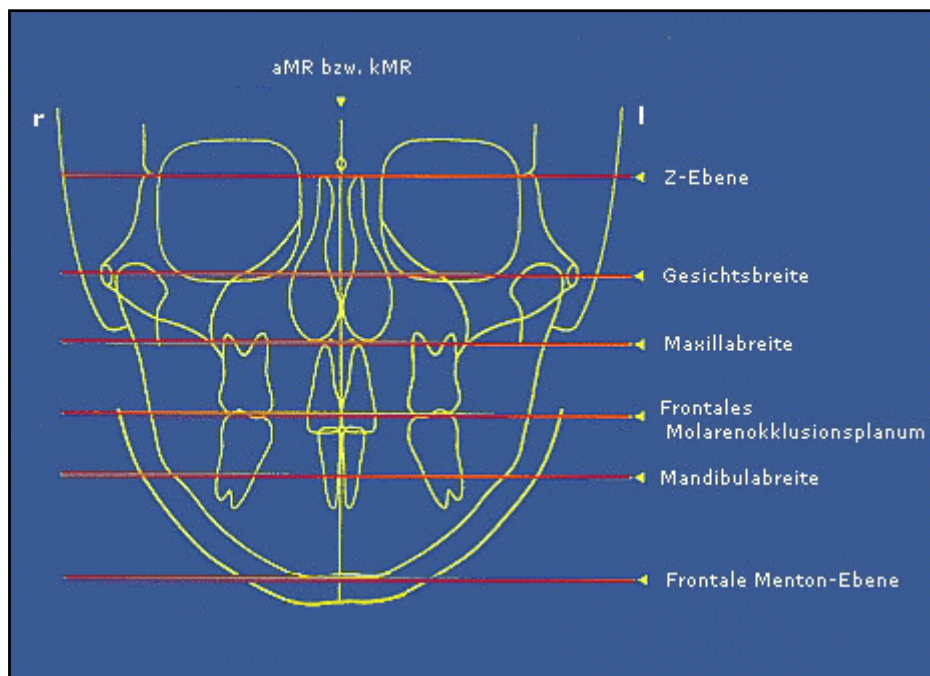


Abb.2.24 Definition der horizontalen Ebenen nach Ehmer [24]

**XV-Punkte-Kombinationsanalyse nach Prof. Ehmer: F I – F XV****TRANSVERSAL SKELETTALE REALTIONEN****Absolut**

- F I**     Gesichtsbreite:  
Verbindungsstrecke zwischen *Azr* und *Azl* (in mm).
- F II**     Nasenbreite:  
Verbindungsstrecke zwischen *Nr* und *Nl* (in mm).
- F III**    Maxillabreite:  
Verbindungsstrecke zwischen *Mr* und *Ml* (in mm).
- F IV**    Mandibulabreite:  
Verbindungsstrecke zwischen *aGr* und *aGl* (in mm).

**Relativ**

- F V**     Gesichtsform:  
Winkel der Diagonalen des Rechteckes, bestehend aus *Zr* und *Zl* als oberen Eckpunkten, sowie der *Z-Ebene*, den Senkrechten durch *Zr* und *Zl* und der *f-Me-Ebene* (parallel zur *Z-Ebene* durch *f-Me*) als Seiten (in Grad).

**SYMMETRIE**

- F VI**    Posturale Symmetrie:  
Rechts- / linksseitige Winkeldifferenz der von *AZr-aGr-Zr* und *Azl-aGl-Zl* eingeschlossenen Winkel (in Grad).
- F VII**   Trasversale OK-Symmetrie:  
Rechts- / linksseitige Winkeldifferenz der von *Mr-Zr-Z-Ebene* und *Ml-Zl-Z-Ebene* eingeschlossenen Winkel (in Grad).
- F VIII**  Kinnmitte zur Gesichtsmitte:  
Rechts- / linksseitige Winkeldifferenz der von *Mr-Zr-Z-Ebene* und *Ml-Zl-Z-Ebene* eingeschlossenen Winkel (in mm).

**TRANSVERSALE DENTALE RELATIONEN****Absolut**

- F IX**    Untere Molaren zur FRF-Maxilla-Mandibula-Ebene:  
Abstand von *r-1LoMb* zur Verbindungslinie *Mr-aGr* bzw. *l-1LoMb* zur Verbindungslinie *Ml-aGl* (in mm).
- F X**     Obere Molare zur frontalen Orbita-Maxilla-Ebene:  
Abstand von *r-1UpMb* zur Verbindungslinie *Zr-Mr* bzw. *l-1UpMb* zur Verbindungslinie *Zl-Ml* (in mm).
- F XI**    Dentale Oberkiefermitte zur Gesichtsmitte:  
Abstand *rUpImc* zur *MSE* (in mm).



## VERTIKALE RELATION

### F XIIIa Kippung Okklusalplanum:

Rechts- / linksseitige senkrechte Abstandsdifferenz von *r-MoPk* und *l-MoPk* zur *Z-Ebene* (in mm).

### F XIIIb Dentoalveoläre Distanz:

Rechts- / linksseitige Abstände zwischen *Mr* bzw. *MI* und *f-Mo-Pk* (in mm).

## WEICHTEILRELATIONEN

### F XIII Inferiore Weichteildifferenz:

Rechts- / linksseitige Abstandsdifferenz von *aGr* zu *ir-Gom* und *aGl* zu *il-Gom* (in mm).

### F XIV Paramediane Weichteildifferenz:

Rechts- / linksseitige Abstandsdifferenz von *pr-M* zu *pr-Mm* und *pl-M* zu *pl-Mm* (in mm).

### F XV Weichteildicke Kinn:

Abstand *f-Me* zu *f-Me* (in mm).

### 2.3.3 3-D Darstellung des Schädels: eine sagittal-frontale Kombination

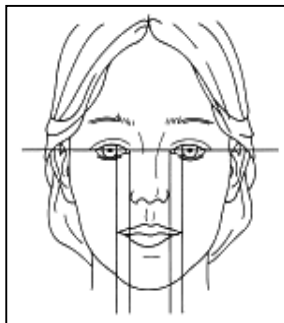


Abb.2.25 Frontal

Seit dem Einzug der Fernröntgenaufnahme in die Kieferorthopädie sind etliche Ansätze zur Erlangung einer räumlichen Vorstellung des Schädels mit Hilfe der Kombination von seitlicher und frontaler Aufnahme beschrieben worden [33, 83].

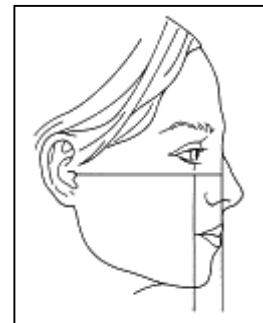


Abb.2.26 Lateral

1931 veröffentlichte Broadbent [11] in einer der ersten Beschreibungen über die Anwendung der Fernröntgentechnik in der Kieferorthopädie überhaupt bereits eine vergleichende Betrachtung der lateralen und frontalen Röntgenansicht, so dass ein drei-dimensionaler Gesamteindruck der anatomischen Verhältnisse des Patienten diagnostiziert werden konnte. In diesem Zusammenhang wird eingehend auf die Verwendung von Kopfhalterungen hingewiesen, um eine standardisierte Röntgentechnik und Reproduzierbarkeit bei den Aufnahmen zu gewährleisten.

Sassouni [83] hat 1958 diese drei-dimensionale Idee von lateraler und frontaler Fernröntgenaufnahme wieder aufgegriffen und weiter verifiziert. Die Abb.2.27 zeigt die von Sassouni entwickelten korrespondierenden lateralen und frontalen Aufnahmen:

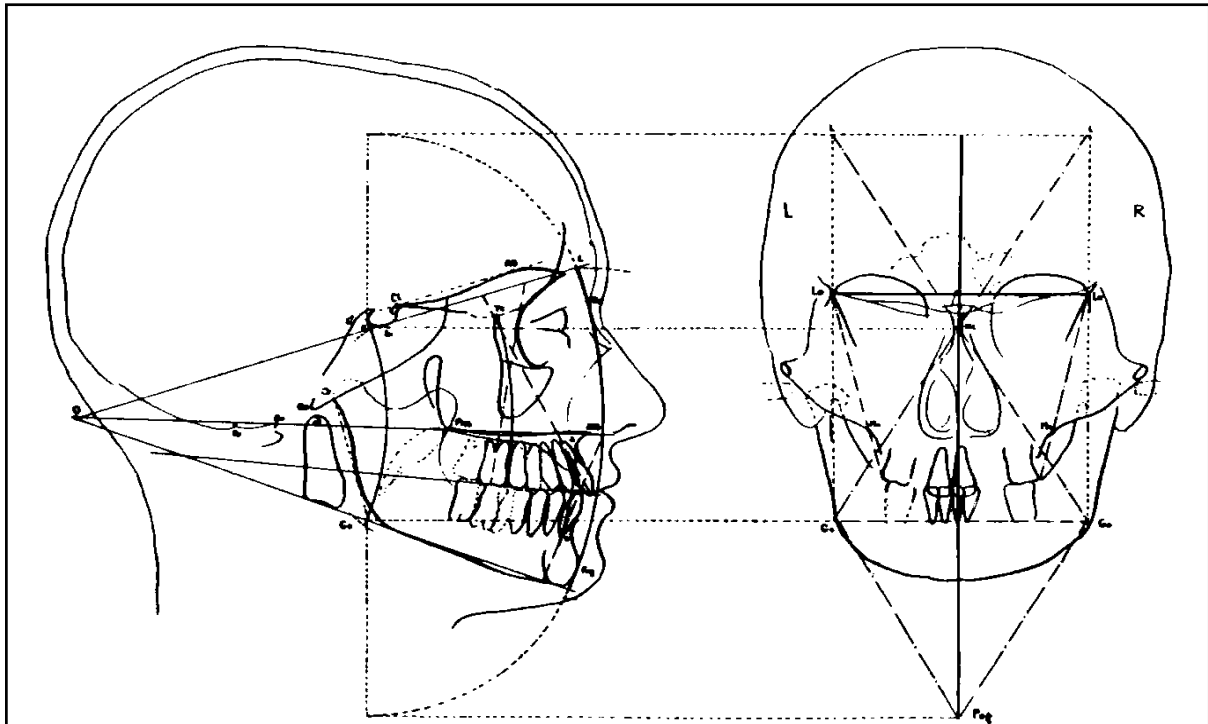


Abb.2.27 Kombinierte Fernröntgen-Analyse nach Sassouni [83]

Der Wunsch von Schwarz [89], „das Gebiß im Schädel hinter den bedeckenden Weichteilen wie hinter Glas liegen zu sehen“, wird durch die kombinierte Anwendung von lateraler und frontaler Fernröntgenaufnahme weitestgehend erfüllt. Jedoch erst mit dem Einsatz der Computer-Tomographie in der Medizin ist es möglich, detaillierte Vorstellungen des Schädels im drei-dimensionalen Raum zu erhalten.

Troulis et al. [98] haben 2002 ein drei-dimensionales diagnostisches Planungssystem für cranio-faciale Strukturen vorgestellt. Reproduzierbare skelettale Messpunkte erlauben eine Identifikation der skelettalen Strukturen auf der Basis eines computer-tomographischen Scans. Desweiteren können mit einem „Cutting Tool“ einzelne knöcherne Segmente, wie beispielsweise die Mandibula, herausgelöst und aus jeglichem Blickwinkel isoliert betrachtet werden. Ein integriertes Auswertungs-Programm kann zur Bestimmung einzelner Strecken, Längen und auch Winkeln zwischen ausgewählten anatomischen Strukturen herangezogen werden. Dies erlaubt eine erleichterte Beurteilung ausgeprägter cranio-facialer Asymmetrien von syndromalen Patienten, bei denen eine native Röntgendiagnostik extrem schwer zu realisieren ist.

## **2.4 Indikation und Anwendungsgebiete der FRF**

Die Diagnostik ist die Suche nach der Wahrheit, ohne die keine Therapie möglich ist, die Therapie ist die Suche nach der Weisheit. Für die kieferorthopädische Beratung und Diagnostik sind Anamnese und klinische Untersuchungen unerlässlich [19]. Die Modell-Analyse und radiologische Untersuchungen zählen zu den speziellen diagnostischen Unterlagen [23]. Eine Röntgenübersichtsaufnahme in Form eines OPGs, als auch die FRS sind in der Standard-Behandlung von ausgeprägten Dysgnathien obligat. Diese radiologischen Aufnahmetypen werden auch als der "Gold-Standard" in der Kieferorthopädie bezeichnet [53]. Anhand dieser routinemässigen Röntgenaufnahmen kann eine vorliegende Gebissanomalie in Bezug zum Schädelaufbau und Gesichtswachstum, sowie der Umfang der geplanten Therapie beurteilt werden [50]. Gegebenenfalls kann eine Handröntgenaufnahme differenzierter Indikation zusätzlich herangezogen werden [33]. Eine Erweiterung dieser grundlegenden Datenbasis kann beispielsweise bei ausgeprägten skelettalen Asymmetrien erforderlich werden; dazu gehören die instrumentelle Funktionsanalyse, physiotherapeutische Untersuchungen, Kiefergelenks-Diagnostik und die FRF [23]. Da die FRF nicht zum standardmässigen diagnostischen Hilfsmittel in der Kieferorthopädie zählt, ist die Indikation dieses Aufnahmetypes in der Literatur nicht eindeutig beschrieben. Starke skelettale Abweichungen in der Transversal-Ebene können, bedingt durch den Strahlengang, gut dargestellt werden [67]; jedoch die Frage nach dem jeweiligen Ausmass dieser Anomalie, welche die Durchführung einer FRF rechtfertigt, bleibt bestehen. Es sollte daher zwischen kieferorthopädischer Diagnostik und Studien-Modell differenziert werden. Im folgenden Abschnitt werden die in dieser Studie zu Grunde liegenden Indikations-Bereiche zur FRF definiert und mit den Angaben in der Literatur verglichen, als auch ausgewählte kieferorthopädische Untersuchungen, bei denen eine Analyse der FRF herangezogen wurde, vorgestellt:

- 2.4.1 Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage**
- 2.4.2 Asymmetrien syndromaler Grundlage**
- 2.4.3 Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung**
- 2.4.4 Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten**
- 2.4.5 Kiefer- und Gesichts-Traumatologie**
- 2.4.6 Sonstige Indikationen zur FRF**

## 2.4.1 Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage:

### Die Dymorphologische Klassifikation

Angle [3] der Begründer der Neuen Schule, veröffentlichte 1887 in "Notes On Orthodontia" die erste Klassifikation der Bissanomalien. Dieses Konzept setzt die Konstanz der oberen Sechs-Jahr-Molaren voraus und dient ausschliesslich zur Okklusionsdiagnostik in sagittaler Referenz. Der Autor unterscheidet nach der mesio-distalen Beziehung der Sechs-Jahr-Molaren des Ober- und des Unterkiefers zueinander drei Klassen. Allerdings sieht Angle [3] die Ursache für die fehlerhafte Bissbeziehung immer im Unterkiefer.

Ehmer [23] klassifiziert daher die kieferorthopädischen Befunde in mit Angle korrespondierende und nicht mit Angle korrespondierende Leitsymptome. Diese definierte Dymorphologische Klassifikation stellt nun eine Erweiterung dar, welche auf messbaren morphologischen Fehlern basiert und eine Zusammenfassung unterschiedlicher Klassifikationen ist. Dadurch kann eine individuelle Diagnose mit entsprechender Therapie erfolgen. Somit ist desweiteren eine Ausdehnung der Einteilung der Anomalien in transversaler Referenz gewährleistet und ferner können Asymmetrien in der Transversalen unterschieden werden:

- Unilaterale Kondyläre Hypertrophie
- Unilaterale Mandibuläre Hypertrophie
- Funktionelle Mandibuläre Asymmetrie
- Asymmetrisch Mandibuläre Pro- und / oder Retrognathie
- Sonstige nicht-syndromale Asymmetrien

Allerdings ist eine wie oben aufgeführte eindeutige Zuordnung dieser einseitigen Asymmetrien im Unterkiefer in der Literatur nicht gegeben. Vielmehr werden diese Anomalien von jeden Autor selbst unterschiedlich definiert und diese einzelnen Dysgnathien ohne klare Abgrenzung ineinander übergehend dargestellt [20, 22, 37].

Adams [2] beschreibt 1836 auf einem humanmedizinischen Kongress in Bristol zum ersten Mal die klinischen Symptome bei halbseitiger Unterkiefer-Prominenz am Beispiel einer 1-Fall-Studie der "Mary Keefe". Dieser erste in der Literatur manifestierte Bericht von Unilateraler Kondylärer Hyperplasie stand allerdings nicht im Rahmen einer zahnmedizinischen Symposiums, sondern wurde von den

Orthopäden mit Rheumatischer Arthritis assoziiert [2]. Seitdem wurden zahlreiche Klassifikationen bei hemimandibulärer Asymmetrie definiert [12, 15, 37, 63].

Ehmer und Wegener [22] differenzieren bei unilateralen Asymmetrien der Mandibula zwei differentialdiagnostische Komponenten:

1. Funktionelle Asymmetrie:

RKP-IKP-Interferenzen mit einseitig laterotrusivem Abgleiten führen zu funktionellen mandibulären Asymmetrien mit unterschiedlich stark ausgeprägten Komponenten in der Frontalebene. Die Form des Unterkiefers ist dabei symmetrisch. Es liegen demzufolge keine skelettalen Anomalien vor, vielmehr ist die asymmetrische Gesichtsform Ausdruck einer funktionellen Störung [22].

2. Unilaterale Kondyläre bzw. Mandibuläre Hypo- bzw. Hypertrophie:

Bei der skelettalen mandibulären Asymmetrie weist der Unterkiefer keine skelettale Symmetrie auf, sondern einseitige Vergrößerungen bzw. Verkleinerungen unterschiedlicher anatomischer Regionen, beispielweise wie des Gelenkfortsatzes bzw. des Unterkiefer-Corpus. Es kann eine interferenzfreie Gebissfunktion vorliegen [22].

Im Rahmen einer kieferorthopädischen Befunderhebung ist es wichtig, Ursache und Ausmass einer Abweichung der Zahnbogenmitten von der sagittalen Kiefer- bzw. Schädelmitte zu erkennen [23]. Im Oberkiefer kann eine dentale Abweichung relativ einfach anhand der Modell-Analyse festgestellt und dementsprechend von einer skelettalen Anomalie unterschieden werden; hingegen ist im Unterkiefer eine Deviation der Mittellinie sowohl durch alveoläre Stellungsfehler, als auch durch Lateralverlagerungen eines gesamten Kiefersegmentes möglich [50]. Diese Differenzierung ist mit Hilfe der FRF-Analyse möglich [86].

Bruce und Hayward [12] unterscheiden 1968 zur Klassifikation der Unterkiefer-Asymmetrien die abweichende Prognathie, die unilaterale kondyläre Hyperplasie und die unilaterale mandibuläre Makrognathie (mit oder ohne Kompensation maxillärer und mandibulärer dento-alveolärer Adaption) voneinander. Die Folge dieser Asymmetrien ist stets mit einer Laterognathie verbunden. Als Ursache beschreiben

Bruce und Hayward [12], sowie Hirschfelder et al. [37] das Krankheitsbild der kondylären Hyperplasie als einseitige Formveränderung von Kiefergelenk und Unterkieferkörper, welche durch eine erneute überschüssige Wachstumsaktivität des kondylären Knorpels eines Kiefergelenks in der Pubertät entsteht. Dieses sich selbst limitierende Überschusswachstum führt erst im Erwachsenenalter zu einer auffallenden Gesichtsasymmetrie. Chen et al. [15] verbinden die unilaterale mandibuläre Hyperplasie ebenso mit halbseitiger Knochenapposition am Unterkieferast mit der Folge eines nach lateral abweichenden Kinns und Okklusionsstörungen mit variierenden Schweregraden. Die Autoren unterteilen desweiteren in Hypertrophie, Verlängerung und Hyperplasie einer Unterkieferseite. Marchetti et al. [63] differenzieren ähnlich wie Chen et al. [15] die hemimandibuläre Hyperplasie in drei Untergruppen: diffuse Vergrößerung des Condylus, des Ramus ascendens mandibulae und der Unterkiefer-Basis. Obwegeser und Makek [71] splitten den Term Kondyläre Hyperplasie in Hemimandibuläre Hyperplasie und Hemimandibuläre Elongation. Harvold et al. [32] hingegen unterscheiden vier Stufen der mandibulären Asymmetrie aufgrund des phänotypischen Erscheinungsbildes: 1. ein Unterkieferast ist vergrößert, der andere normal (unilaterale kondyläre Hyperplasie / Hemihypertrophie); 2. ein Unterkieferast ist verkleinert, der andere normal (Hemifaziale Mikrosomie / Hemiatrophie); 3. beide Unterkieferäste sind grösser oder kleiner als gewöhnlich, aber auf einer Seite mit stärkerer Ausprägung (bilaterale Hemifaziale Mikrosomie); 4. beide Unterkieferäste besitzen die gleiche Grösse, sind aber rotiert (perinatale Deformation). Sowohl Bruce und Hayward [12], Chen et al. [15], als auch Harvold et al. [32] verwenden zur Diagnostik mandibulärer Asymmetrien in der Transversalen die Schädelaufnahme in der Norma frontalis. Hirschfelder [38] fordert in Einzelfällen zusätzlich zur FRF eine computer-tomographische Untersuchung des facial-asymmetrischen Patienten, um neue Anhaltspunkte für die prognostische Abschätzung weiterer Entwicklungstendenzen zu erhalten und den schwammigen Begriff der Laterognathie differentialdiagnostisch besser bewerten zu können. Zudem wird eine szintigraphische Untersuchung vor der Therapie zum Ausschluss von Restwachstum empfohlen [73].

Die sagittale Abweichung des Unterkiefers, beispielsweise die mandibuläre Pro- oder Retrognathie, wird mittels FRS erfasst. Sassouni [83] und Dausch-Neumann [20] aber fordern die Ergänzung der FRF zur Verifizierung der Diagnose bei Patienten mit

mandibulärer Pro- und / oder Retrognathie, da oftmals ein zusätzliches mandibuläres Schwenken zur Seite beobachtet werden kann und diese Deviation im FRS nicht dargestellt wird.

Zur Analyse der kieferorthopädischen Befunde bei Patienten mit einseitiger Angle-Klasse II haben Jäger et al. [44] 1993 die schräg-laterale Fernröntgenaufnahme (im Winkel von  $45^\circ$ ) von linker und rechter Seite, sowie die Schädelaufnahme in der Norma frontalis verwendet. Neben einer häufig auftretenden asymmetrischen Anordnung der ersten oberen Molaren konnte ebenfalls eine Schwenkung der Mandibula zur Seite mit einseitiger Distalbissverzahnung nachgewiesen werden. Es zeigte sich, dass die Ursachen der asymmetrischen Okklusion sowohl im Bereich der dentalen, als auch skelettalen Strukturen zu finden waren. Zum Ausschluss von skelettalen Deformationen ist demzufolge die Anfertigung einer FRF unerlässlich, da oftmals ein funktionelles Fehlmuster nicht zwangsläufig klinisch eindeutig diagnostiziert werden kann [44]. Die in dieser Studie angefertigten FRF wurden in zentrischer Relation mit einem Objekt-Film-Abstand von 1,5 m durchgeführt. Bei der Auswertung wurde eine als X-Linie bezeichnete Mediansagittalebene herangezogen, welche durch die beidseitige Sutura zygomatico-frontalis und die Crista Galli definiert ist. Ausgehend von dieser Referenzebene wurden die transversalen Asymmetrien für die Spina nasalis anterior und die Spina mentalis ermittelt. Weiterhin wurde die Winkelabweichung zur horizontalen Bezugsebene zwischen der Sutura zygomatico-frontalis rechts und links bestimmt. Anhand dieser Parameter in der FRF konnten die in der zu untersuchenden Studien-Gruppe sich befindenden Patienten mit skelettalen Anomalien von denen mit funktionellen Fehlmustern abgegrenzt werden [44].

Janson et al. [46] haben 2001 ebenfalls eine Untersuchung bei Patienten mit einseitiger Klasse II durchgeführt, um eine Differenzierung von dentoalveolären und skelettalen Asymmetrien zu erhalten. Es wurden laterale Fernröntgenaufnahmen rechts und links, Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis und zusätzlich Submentovertex-Aufnahmen bei einer Patienten-Gruppe mit unilateraler Klasse II und einer Kontroll-Gruppe angefertigt. Die technischen Aufnahmebedingungen der FRF wurden standardisiert festgelegt. Der Aufnahmeabstand betrug 152 cm bei einer Expositionszeit von 1 Sekunde, 90kV und 25mA. Die FRF wurde zudem in zentrischer Okklusion durchgeführt. Anhand der Auswertung der frontalen Fernröntgenbilder konnte man einen signifikant höheren Anteil an dentalen

Anomalien gegenüber den skelettalen Asymmetrien feststellen. Desweiteren war eine mandibuläre Mittellinienabweichung bei korrekter Positionierung der Maxilla-Mittellinie in Bezug auf die Gesichts-Mitte in über 90% der Fälle zu beobachten. Die einseitige Distalisierung der Sechs-Jahr-Molaren im Unterkiefer auf der Klasse II-Seite war in über 75% für die Asymmetrie verantwortlich. Diese Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass bei unilateraler Klasse II die dentoalveoläre Asymmetrie vornehmlich im Unterkiefer lokalisiert ist [46].

Haraguchi et al. [31] untersuchten 2002 in einer Studie über faciale Asymmetrie 220 japanische Jugendliche mit unilateraler Angle-Klasse III. Alle Teilnehmer dieser Studie wiesen klinisch eine dentale Mittellinienabweichung von mehr als 2 mm auf. Diese Werte wurden anhand der Analyse von Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis verifiziert und mit den klinischen Befunden verglichen. Radiologisch nachweisbare faciale Asymmetrien für den Messpunkt "Menton" waren in über 70% der Fälle zu beobachten. Haraguchi et al. klassifizierten ihre röntgenologischen Ergebnisse weiter in Kiefergelenksfehlfunktion, maxillo-faciale Traumata und abnormales Kondylen-Wachstum [31].

Ueki et al. [99] haben 2000 die Fragestellung nach einer möglichen Beziehung von Patienten mit Kiefergelenks-Beschwerden in Verbindung mit einer Angle-Klasse III Bissbeziehung untersucht. Diese Studie umfasste insgesamt 44 Patienten, die weiter in asymmetrische Klasse III und symmetrische Klasse III eingeteilt wurden. Diese Differenzierung wurde anhand der FRF-Analyse vorgenommen. Für diese Untersuchung wurde der Winkel Mx-Md ermittelt, welcher zwischen den Strecken Spina nasalis anterior und Menton bzw. Spina nasalis anterior und Christa Galli definiert ist. Positive Werte für diese Mx-Md-Angulation weisen eine Deviation nach links und demzufolge negative Werte eine Abweichung nach rechts auf. Die Patienten wurden anhand dieses Mx-Md Parameters in zwei Gruppen unterteilt. Alle Patienten mit einer Deviation von mehr als 3° wurden der asymmetrischen Klasse III-Gruppe zugeordnet. Die Ergebnisse zeigen eine erhöhte Inzidenz an Kiefergelenks-Deformationen bzw. Beschwerden in der asymmetrischen Klasse III-Gruppe [99].

Sonstige nicht-syndromale Asymmetrien, wie beispielsweise ein offener oder tiefer Biss, sind als Begleiterscheinung bei allen oben beschriebenen Leitsymptomen zusätzlich denkbar [12, 21, 67].



## 2.4.2 Asymmetrien syndromaler Grundlage

Asymmetrien syndromaler Grundlage stellen ebenfalls ein grosses Feld der FRF-Indikation dar. Nach Leiber und Olbrich [60] wird der Begriff "Syndrom" in der heutigen Medizin sowohl im rein antiken Sinn als Beschreibung des Leidens für krankheitsbedingte Symptome, die durch charakteristischen Verlauf, Anamnese und Prognose ohne kausale Verknüpfung miteinander verbunden sind, als auch als wissenschaftlicher Krankheitsbegriff unter Berücksichtigung der Verursachung der Symptome verstanden. Der kausale Prozess, welcher zu einem bestimmten Krankheitszustand oder Phänotyp führt, setzt die Ätiologie und die Pathogenese voraus, wobei deren Abgrenzung nicht immer eindeutig erscheint [60]. Ein Syndrom wird im klassischen Sinne generell als ätiologisch einheitliche Störung definiert, deren Pathogenese (noch) unbekannt ist. Um von einem Syndrom sprechen zu können, müssen die diagnostischen Minimal-Kriterien erfüllt sein. Hingegen sind beim Morbus Ätiologie und Pathogenese im klassischen Sinne bekannt, definierbar, einheitlich und konstant [60].

Kategorie	Ätiologie	Pathogenese	Phänotyp
Syndrom 1. Ordnung (Symptomenkomplex)	heterogen unbekannt	heterogen unbekannt	definiert
Syndrom 2. Ordnung (Sequenz)	heterogen unbekannt	homogen	definiert
Syndrom 3. Ordnung (Ätiologisches Syndrom)	homogen	unbekannt	definiert

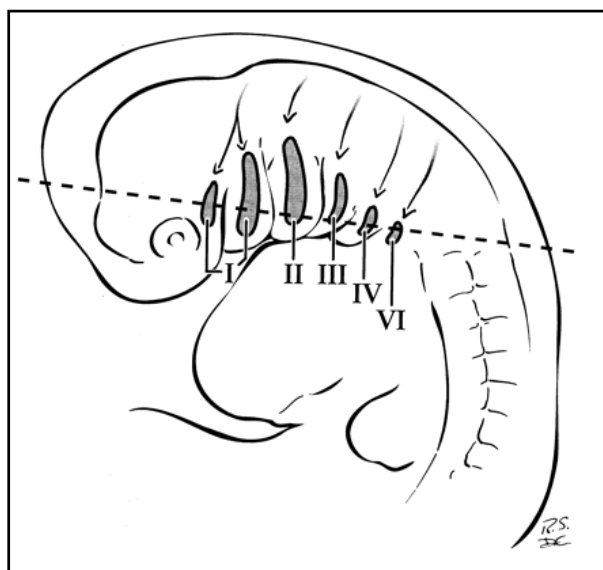
Tab.2.3 Symptomenkomplex 1., 2. und 3. Ordnung nach Leiber und Olbrich [60]

Im folgenden Abschnitt werden exemplarisch die in dieser Studie zahlenmässig am stärksten vertretenden Syndrome näher beschrieben, bei denen eine frontale Fernröntgenaufnahme angefertigt wurde:

Der Goldenhar-Symptomkomplex (Syn.: Facio-Auriculo-Vertebraler-Symptomenkomplex; Occulo-Auriculo-Vertebrale Dysplasie) ist charakterisiert als eine Kombination von meist unilateralen, sonst asymmetrischen Fehlbildungen im Gesicht-Halsbereich, betreffend die Derivate des 1. und 2. Kiemenbogens [60]. Maurice Goldenhar hat erstmalig 1952 eine zusammenfassende Bearbeitung nach zahlreichen Einzelfällen publiziert. Die Ätiologie des Goldenhar-Symptomkomplex ist

noch unbekannt, vermutlich aber heterogenen Ursprungs. Etwa zwei Drittel der Fälle sind männlich. Die Befunde sind meist streng einseitig lokalisiert. Pathognomonische diagnostische Kriterien sind die einseitige Gesichtssymmetrie und die Hypoplasie einer Mandibulahälfte, Lippen- (Kiefer-, Gaumen-) Spalte und eine verlängerte Mundöffnung. Nicht selten ist eine Deformation einer Ohrmuschel zu beobachten. Weitere seltene Fehlbindungen können einseitige Zungenhypoplasien und das Fehlen der Parotis sein. Eine geistige Retardierung ist in 15% der Fälle möglich [50].

Bei der Hemifazialen Mikrosomie bleibt es nach der Meinung von Leiber und Olbrich [60] vorerst unklar, ob es sich um ein eigenständiges dominantes Gen, eine dominante Untergruppe des Goldenhar-Symptomenkomplexes oder eine milde Expression des Townes-Brocks-Syndroms handelt. Harvold et al. [32] sehen die Hemifaziale Mikrosomie nicht als Untergruppe eines bereits bestehenden Symptomenkomplexes, sondern definieren diese Anomalie als eigenständiges Krankheitsbild mit vier unterschiedlichen Ausprägungsarten. Converse et al. [16] vermuten hingegen eine enge Verbindung zum Berry-, Treacher-Collins- und Franceschetti-Syndrom. Die Hemifaziale Mikrosomie tritt nach Lauritzen et al. [58] mit einer Häufigkeit von 1:3500 bei Neugeborenen auf und wird von Murray et al. [68] als die zweit-häufigste syndromale Erkrankung im cranio-facialen System nach der Gruppe der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten angesehen. Das charakteristische Kennzeichen der Hemifazialen Mikrosomie ist die einseitige Unterkiefer-Hypoplasie, welche mit einer Ohrfehlbildung verbunden ist [60]. Durch Einfluss einer



schädigenden Noxe am ersten und zweiten Kiemenbogensegment innerhalb des 24. bis 29. Tages der Schwangerschaft kommt es zu einem verminderten vertikalen und horizontalen Wachstum der Mandibula [60]. Die Abb.2.28 nach Sze et al. [96] zeigt schematisch die Lokalisation der Kiemenbogen-segmente I bis VI in der frühembryonalen Phase.

Abb.2.28 Embryonal-Entwicklung der Kiemenbogensegmente I bis VI nach Sze et al. [96]

Aus dem Mesenchym des ersten Kiemenbogensegments entstehen sowohl der Ober- und der Unterkiefer, die Gehörknöchelchen Malleus und Incus, als auch der Processus Zygomaticus und die Pars Squamosa des Os Temporale (Abb.2.29 links).

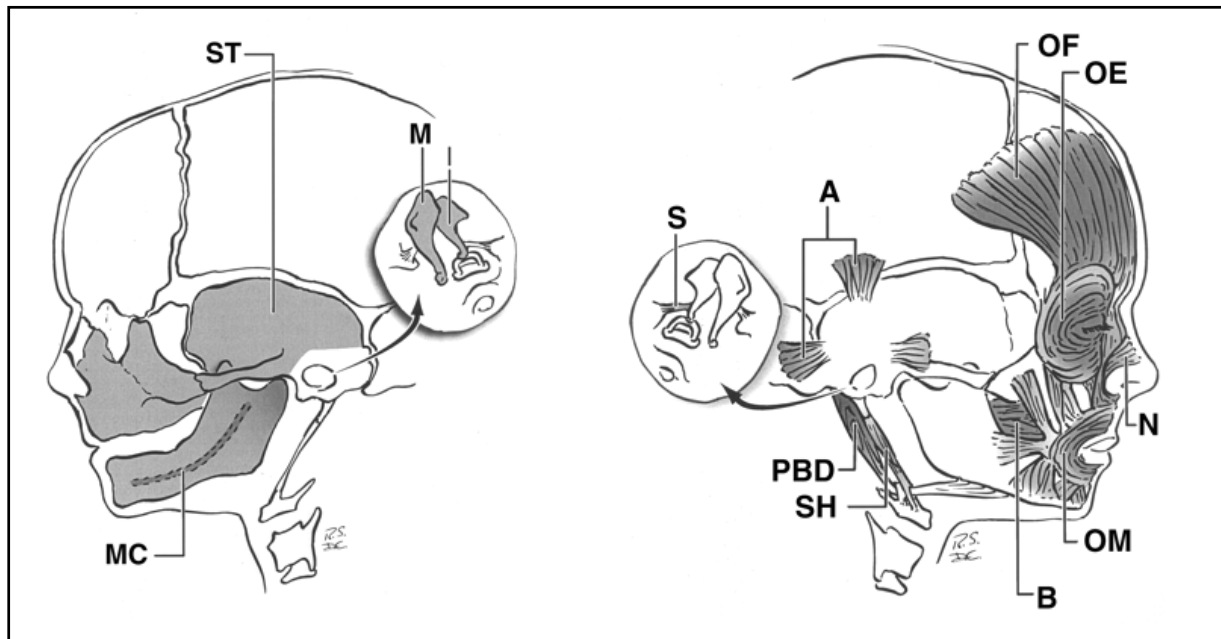


Abb.2.29 Differenzierung des 1. und 2. Kiemenbogensegments nach Sze et al. [96]

Aus den Anteilen des zweiten Segments entwickeln sich das Gehörknöchelchen Stapes, der Processus Styloides mit dazugehörigem Ligament, sowie Teile des Hyoids. Desweiteren besitzen mehrere Gesichtsmuskeln ihren Ursprung aus den Anteilen des zweiten Kiemenbogensegmentes (Abb.2.29 rechts). Aus den ersten und zweiten Kiemenbogensegmenten entstehen demzufolge die massgeblich an Form und Funktion beteiligten Organe des cranio-facialen Systems [96]. Neben der unilateralen Hypoplasie der Mandibula ist pathognomonisch für die Hemifaziale Mikrosomie eine Einziehung des Unterkieferkörpers vor dem Kieferwinkel, welche als "antegonial notch" bezeichnet wird [60]. Abhängig vom Ausprägungsgrad der mandibulären Hypoplasie kommt es zwangsläufig zu einer sekundären Beeinträchtigung des Oberkieferwachstums. Mit Verminderung des vertikalen Wachstums auf der betroffenen Oberkieferseite entsteht oftmals eine schiefe Okklusionsebene. Die Wachstumshemmung im Bereich der Maxilla kann so weit gehen, dass auch eine dislozierte Orbita auf der betroffenen Seite beobachtet werden kann. Klinisch imponiert dann eine deutlich ausgeprägte panfaziale Skoliose [32]. Die Strukturen des Innenohres können angelegt sein, in der Regel ist jedoch das Hörvermögen auf der betroffenen Seite stark eingeschränkt. Das Ausmass der Ohrfehlbildung ist dabei grundsätzlich von der Unterkiefer-Hypoplasie unabhängig.

Als weiteren Befund kann gelegentlich eine angeborene Schwäche des N. facialis beobachtet werden [60].

In Abhängigkeit von dem Ausmass der zu Grunde liegenden fehlentwickelten Strukturen des ersten und zweiten Kiemenbogensegments sind die verschiedensten Ausprägungsgrade der Hemifazialen Mikrosomie vorzufinden [32]. 1969 hat Pruzansky [76] eine der ersten Klassifikationen zur Hemifazialen Mikrosomie veröffentlicht (Abb.2.30), welche Kaban et al. [48] weiter modifiziert haben. Diese drei definierten Kategorien umfassen leichte Veränderungen des aufsteigenden Unterkieferastes mit Verkürzung des Collums und gelegentlicher Verlängerung des Processus muscularis alle Schweregrade der unilateralen Hypoplasie bis zu einer vollständigen Aplasie des aufsteigenden Unterkieferastes [76].

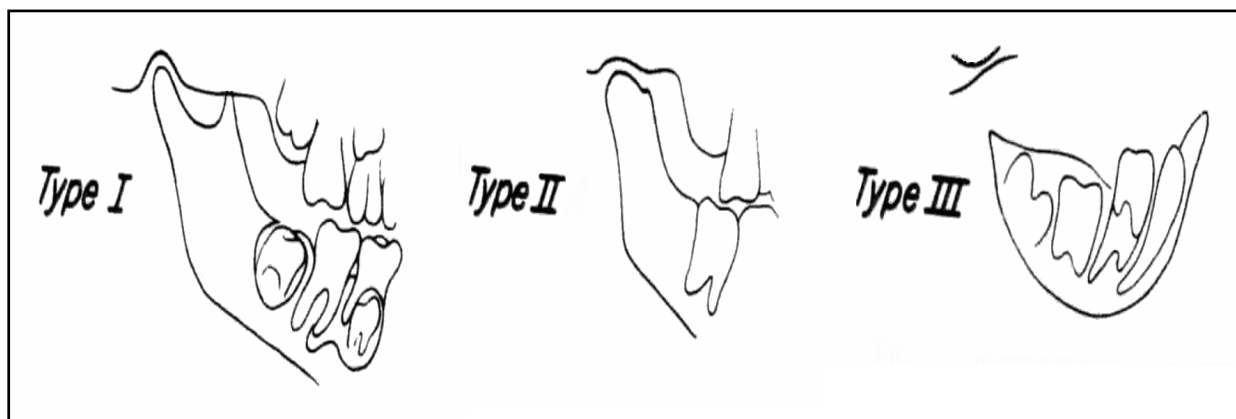


Abb.2.30 Klassifikation der Hemifazialen Mikrosomie nach Pruzansky [76]

Kaban et al. [49] setzen zur Diagnostik bei Hemifazialer Mikrosomie eine Kombination von frontaler und lateraler Fernröntgenaufnahme ein, gekoppelt mit einer submentalen Röntgenaufnahme zur isolierten Betrachtung der Mandibula im caudo-cranialen Strahlengang. Durch diese radiologische Tri-Kombination wird eine nahezu drei-dimensionale Darstellung des Schädels gewährleistet [49].

Die Therapie der Hemifazialen Mikrosomie ist abhängig vom Schweregrad des phänotypischen Krankheitsbildes [71]. Converse et al. [17] sehen die Therapie bei Patienten mit einer geringfügigen Ausprägung des Syndromes auf alleiniger kieferorthopädischer Basis und nach Wachstumsabschluss mit eventuellen chirurgischen Korrekturen. Die Behandlung von Patienten mit Hemifazialer Mikrosomie Typ III nach Pruzansky wird von Poswillo [75] als kiefer-chirurgische Herausforderung über einen Zeitraum von mehreren Jahren betrachtet, da sowohl skelettale und muskuläre, als auch Defizite im Weichteilgewebe vorliegen. Moderne chirurgische Therapien bedienen sich der Distractions-genese [98].

Das Crouzon-Syndrom (Syn.: Morbus-Crouzon; Dysostosis Craniofacialis Crouzon) ist eine autosomal-dominante Form der prämaternen Kraniosynostose mit variabler Expressivität des Gens, auch hinsichtlich des klinischen Beginns mit konsekutiven und assoziierten Befunden, jedoch ohne Syndaktylie [60]. Louis Edouard Octave Crouzon (1874 – 1934) hat 1912 dieses Syndrom erstmalig beschrieben. Zu den diagnostischen Kriterien zählen die prämaturne Kraniosynostose der Koronar-, Lambda- und Sagittal-Naht, nicht immer schon bei Geburt evident und oft asymmetrisch, sowie die Verkürzung der Schädelbasis mit dem Kennzeichen eines Turmschädels. Daraus resultierende Folgen sind kammartig vorspringende Schädelnähte, eine prominente Stirn, Hypertelorismus und ein Exophthalmus. Nicht selten ist eine Mittelgesichtshypoplasie zu beobachten, die mit hypoplastischen Alveolarfortsätzen, einem offenen Biss, einer irregulären Zahnstellung, Zahnengständen und einem hohen Gaumen, eventuell mit Spaltung, einhergehen. Sekundäre Augenbefunde sind klinisch als Strabismus divergens manifestiert [50].

Arvystas et al. [5] untersuchten 1985 in einer Longitudinal-Studie eine Patientin mit den phänotypischen Merkmalen eines einseitigen Morbus Crouzon. Durch die vorzeitige Verknöcherung der linksseitigen Koronar-Sutur ist eine Kompensation der skelettalen Wachstumsschübe nicht mehr gegeben. Es ist eine ausgeprägte cranio-faciale Asymmetrie in der FRF zu erkennen [5]. Die Abb.2.31 zeigt einerseits die FRF-Analyse mit den eingezeichneten Referenz-Ebenen, als auch schematisch die Folgen der lediglich auf der linken Seite lokalisierten vorzeitigen Synostose [5].

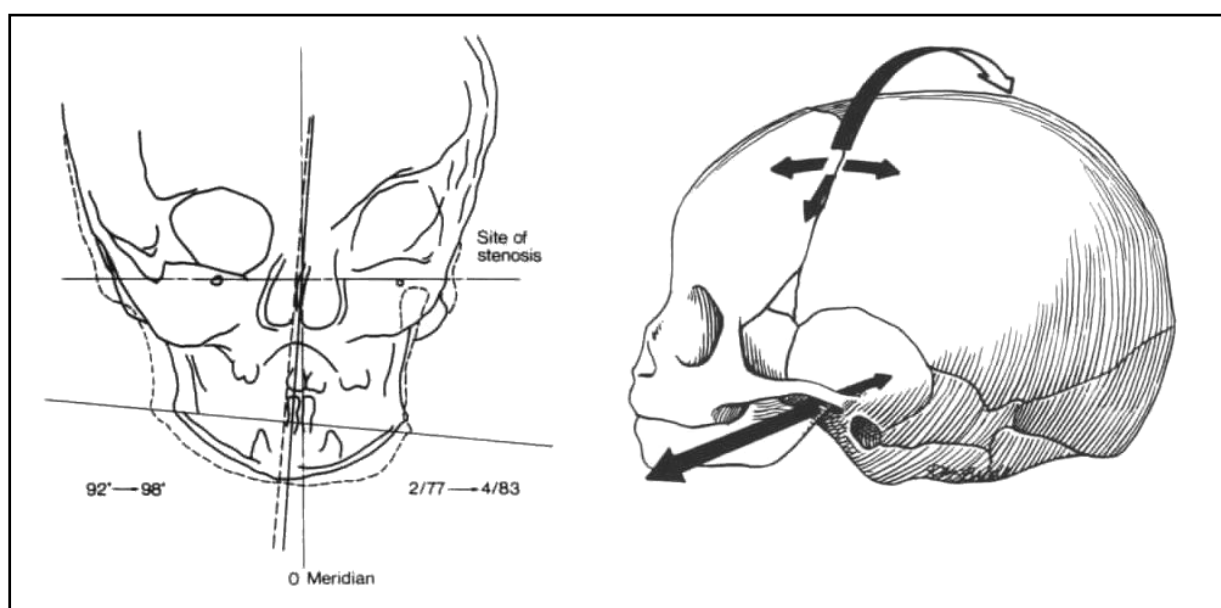


Abb.2.31 Unilateraler Morbus Crouzon nach Arvystas et al. [5]

Das Apert-Syndrom (Syn.: Akrozephalosyndaktylie Typ Apert und Typ I) zeigt eine distinkte Skelettdysplasie mit Mittelgesichtshypoplasie, bedingt durch ein autosomal-dominantes Gen [60]. Es handelt sich dabei ebenfalls um eine prämatüre Nahtsynostose mit ähnlichen Symptomen wie beim Crouzon-Syndrom, aber mit kompletter Syndaktylie von Fingern und Zehen [5]. Suturen der Kranznaht verknöchern bei persistierenden Fontanellen. Typische Symptome sind ein hoher Spitzschädel oder ein kahnförmiger Langschädel und Protrusio bulbi mit Strabismus divergens. Desweiteren liegt bei einem Viertel der Akrozephalosyndaktylie-Patienten eine isolierte Gaumenspalte vor [50].

Das Franceschetti-Syndrom (Syn.: Dysostosis mandibulofacialis; Treacher-Collins-Syndrom) ist ebenfalls autosomal-dominant vererblich und ein mandibulofaziales Dismorphiesyndrom mit charakteristischer Facies [60]. Franceschetti war 1944 der Erstbeschreiber dieses Syndromes. Als Ursache werden sporadisch auftretende Fehlentwicklungen des 1. und 2. Kiemenbogens, als auch der Kiemenfurche und der Schlundtasche angesehen. Eine uni- oder bilaterale Unterentwicklung des Gesichtes, vor allem im Bereich der Mandibula, sowie Fehlbildung und Tiefstand der Ohrmuschel stellen typische Symptome dar. Durch die Unterkieferhypoplasien treten Gebissverformungen auf, die sich bei bilateraler Hypoplasie als symmetrische "Fischmaul-Physiognomie" manifestieren. Desweiteren ist eine Unterkiefer-Rücklage mit Mikro-Genie und konsekutiver Abflachung der Kinnprominenz festzustellen [60].

Die Hemihypertrophie Faciei (Syn.: Halbseitiger Riesenwuchs; Unilateral Hypertrophy; Asymmetry Congenital; Hemigantism) ist die Kongenitale Hypertrophie welche halbseitig oder partiell und zusammen mit Beteiligung der paarigen inneren Organe auftreten kann [60]. Johann Friedrich Meckel (1781 – 1833) hat dieses Syndrom 1822 erstmalig beschrieben. Die Ätiologie ist unklarer Genese. Es wird eine Entwicklungsstörung bei der Umstellung der Carotisbögen in der 4. – 6. Woche angenommen. Die Hemihypertrophie betrifft dabei auch partielle Anteile des Gesichtes, insbesondere die Mandibula. Auffallend ist eine häufigere Beteiligung der rechten Gesichtshälfte. Es können aber sowohl Weichteile der Zunge, als auch einzelne Zähne massiv vergrößert sein. Klinisch imponiert nicht selten ein frontaler Kreuzbiss und eine asymmetrische Lippenkontur [50]. Eine geistige Retardierung ist in 10 bis 20% der Fälle bekannt. Radiologisch lässt sich eine beschleunigtes Knochenwachstum mittels Szintigraphie auf der betroffenen Seite nachweisen [60].

### 2.4.3 Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung

Bei einem Missverhältnis zwischen Zahn- und Kiefergrösse, welches durch Schmalkiefer bedingt sein kann, spricht man von einem primären oder anlagebedingten Engstand. Wenn diese transversale Diskrepanz den Oberkiefer betrifft, bezeichnet man diesen Befund als Maxilla-Breiten-Problematik [50]. Ätiologisch erwähneswert ist, dass beispielsweise bei der Entwicklung des Schmalkiefers die mikro-rhine Dysplasie bei eingeschränkter Nasenatmung mit adenoiden Vegetationen und Nasenmuschelhyperplasien eine Rolle spielen kann [97]. Die transversale und sagittale Kieferunterentwicklung wird von Schwarz als Schmalkiefer bezeichnet. Dabei geht Schwarz [89] von einer primär erblich bedingten Dysgnathie aus. Nach Korkhaus [54] jedoch sind exogene Ursachen bedeutender, und deshalb bezeichnet er den unterentwickelten Oberkiefer als komprimiert. Andere ätiologische Faktoren bei der Unterentwicklung der Maxilla sind die fehlende Zungenabstützung bei falschen Schluckmuster durch Positionierung der Zunge im Unterkiefer und Kollaps des Oberkiefers, sowie der übergrosse Druck der Wangenmuskulatur, beispielsweise bei Habits, wie dem Wangensaugen [53].

Bei Schmalkiefer, im Verhältnis zum Unterkieferzahnbogen zu schmalen Oberkiefer und Palatinalkipfung der Seitenzähne, kann eine transversale Erweiterung des oberen Zahnbogens während des Wachstums mit Platten, Quadhelices und Gaumennahterweiterungsapparaturen durchgeführt werden [34]. Die diagnostischen Parameter spielen für die geeignete Therapieauswahl eine entscheidene Rolle: Neben dem klinischen Befund, steht die metrische Analyse des Modellbefundes und vor allem eine sorgfältige radiologische Auswertung der dentalen und anatomischen Strukturen im Vordergrund [36]. Die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis wird daher zur Diagnostik im Bereich der Maxilla-Breiten-Problematik herangezogen. Nach Schopf [87] ist die FRF für die Prognose und Diagnose der transversalen Erweiterung des Oberkiefers konventionellen Verfahren überlegen. Zur Sicherung des Therapie-Erfolges kann eine Bestimmung des pubertären Wachstumsschubes und demzufolge die Wachstumsaktivität mittels Handröntgenaufnahme erforderlich sein [33]. Nach Wachstumsabschluss steht alternativ nur noch die kombinierte kieferorthopädisch-chirurgische Therapie als Mittel der Wahl zur Verfügung [13].

Hauenstein [33] zieht 1980 in seinen Studien zur Gaumennahterweiterung bei Patienten mit einem ausgeprägten Oberkiefer-Engstand sowohl zur Diagnostik, als

auch zur Überprüfung der Wirkung des Therapie-Erfolges die frontale Fernröntgenaufnahme heran. In der Folge der transversalen Unterentwicklung der Maxilla ist ein ein- bzw. zweiseitiger seitlicher Kreuzbiss klinisch und radiologisch in der Norma frontalis stets deutlich zu erkennen. Die Therapie der Gaumennahterweiterung darf nach Hauenstein [33] erst durchgeführt werden, wenn radiologisch die Wurzelbildung der zentralen Oberkiefer Incisivi vollständig abgeschlossen ist. Somit ist eine Röntgenkontrolle mittels FRF vor und nach der Gaumennahterweiterung nach Hauenstein folglich unerlässlich. Als Prävention eines möglichen transversalen Rezidivs, wird der Oberkiefer um einen Millimeter überdehnt und eine mindestens zwei Jahre andauernde Retentionsphase an die aktive Therapie angeschlossen. Die Wirkung der Dehnung beschränkt sich auf den Zahnbogen und über die Oberkiefer-Basis bis zur Nasenöffnung hin. Die forcierte Dehnung der Apertura Piriformis wird zur radiologischen Kontrolle in der FRF herangezogen [33].

Das Ziel der 2001 publizierte Studie von Huertas und Ghafari [41] war die Bewertung von frontalen Fernröntgenaufnahmen bei 24 Patienten mit forcierter Gaumennahterweiterung, verglichen mit derer einer 30-köpfigen Kontrollgruppe. Die Auswertung der FRF erfolgte auf linearen und angulären Messpunkten. Alle Röntgenbilder wurden mit einem Aufnahmeabstand von 5 feet (= 1.524 m) durchgeführt und mittels speziellem Diagnostik-Programm am Computer digital ausgewertet. Huertas und Ghafari [41] sehen die FRF als notwendiges röntgenologisches Hilfsmittel für die Behandlung von Patienten mit Maxilla-Breiten-Problematik an. Anhand einer frontalen radiologischen Analyse lassen sich Asymmetrien der Kiefergelenke frühzeitig erkennen und erfolgversprechender therapieren. Auffallend ist die Tatsache, dass nahezu 50% der GNE-Gruppe eine unilaterale Klasse III aufweist, welche sowohl bereits klinisch, als auch in der FRF beobachtet werden kann [41].

Cameron et al. [13] analysieren 2002 in ihrer Studie die kurz- und langfristigen Effekte der Gaumennahtersprengung. Für diese Untersuchung wird bei 42 Patienten mit einer maxillären Unterentwicklung und einer 20-köpfigen Kontrollgruppe die frontale Fernröntgenaufnahme herangezogen. Cameron et al. [13] differenzieren drei Stadien der röntgenologischen Kontrolle: T1 prä-operative diagnostische Phase, T2 unmittelbar post-operative Kontrolle und schliesslich T3 als Langzeit Untersuchung nach zwei Jahren. Die Schwerpunkte der FRF-Analyse lagen auf



Veränderungen in der maxillären und nasalen Regionen, sowie den Orbitae und dem Os Zygomaticum [13].

Aber nicht nur bei der Diagnostik und Kontrolle der Therapie von transversalen Diskrepanzen zwischen Mandibula und Maxilla wird die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis in den neuesten Studien herangezogen. Herren [36] hat bereits 1975 die Transversaldurchmesser der Zahnbögen aus der Breite der Rami ascendentes mandibulae in der FRF bestimmt, um eine Korrelation aus den skelettalen und dentalen statistischen Standarddaten zu erhalten.

#### **2.4.4 Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten**

Bei der primären Spaltbildung (Töndury 1950) durch mangelhafte Proliferation der beiden Nasenwülste kommen die Gesichtswülste nicht in Kontakt, es kann sich keine Epithelmauer und auch keine bindegewebige Verwachsung ausbilden [60]. Folge ist eine durchgehende Lippen-Kiefer-Spalte, welche zumeist auch eine Gaumenspalte nach sich zieht [33]. Bei der sekundären Spaltbildung (Hochstetter 1891) kommt es zur Aneinanderlagerung der medialen und lateralen Nasenwülste, Verklebung der Epithelien, jedoch nicht zur bindegewebigen Durchwachsung [60]. Unterbleibt die Vereinigung der Gaumenfortsätze, entsteht eine totale, vom Foramen Incisivum bis zur Uvula reichende, Gaumenspalte, die median sagittal liegt, und es besteht auch keine Verbindung zum Nasenseptum; unterschiedliche Ausprägungsgrade zwischen totaler Spalte und Uvula-Kerbe können auftreten [50]. Die Häufigkeit von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten beträgt 1:500. Das männliche Geschlecht ist im Verhältnis 2:1 betroffen [53]. Im Zusammenhang mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten auftretende Dysgnathien sind asymmetrische Alveolarfortsatz-Schwenkungen, Zahnstellungsanomalien, als auch eine transversale und sagittale Wachstumshemmung des Oberkiefers [45]. Die Ätiologie ist bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten komplex: es wird ein multifaktorielles genetisches System angenommen [8]. Der Insult für die Entstehung der Spalten muss um die fünfte Woche, d.h. während der Entwicklung des primären Gaumens, oder um die neunte Woche zur Zeit der Bildung des sekundären Gaumens eintreten. Man nimmt bei der

Entstehung eine Art Reissverschlussprinzip an. Lippen-kiefer-Gaumen-Spalten können alleine, aber auch in 6% in Kombination mit Syndromen auftreten [60].

Klink-Heckmann und Bredy [53] sind der Meinung, dass die häufigste Störung im Bereich des Gesichtschädels die LKG sei. Vielfach kann auch ein Missverhältnis zwischen überentwickelten Unterkiefer und Oberkiefer beobachtet werden. Auftreten von Zahnstellungsanomalien beim Spaltträger sind vom Ausmass der Deformation der beteiligten Strukturen abhängig. So differenzieren Klink-Heckmann und Bredy [53] isolierte LKG und doppelseitige totale LKG-Segel-Spalten, welche zu schwersten Gebissanomalien führen. 1976 dokumentieren Ishiguro et al. [43], sowie 1983 Jain und Krogmann [45] anhand der FRF die morphologischen Veränderungen von Patienten mit LKG in einer Langzeitstudie von Geburt bis zum 6. bzw. 10. Lebensjahr. Die Anomalien werden in beiden Studien ebenfalls in ein- und zweiseitige Lippen- und Gaumenspalten bzw. in isolierte Gaumenspalten klassifiziert [43, 45]. Athanasiou et al. [8] führen eine Longitudinalstudie über Patienten mit bilateraler LKG durch. Die Untersuchung der Patienten-Gruppe erfolgte zum Zeitpunkt des 3., 8. und 12. Lebensjahres. Bei den Studien von Ishiguro et al. [43], Jain und Krogmann [45], sowie Athanasiou et al. [8] stand die kephalometrische Analyse mittels FRF stets im Vordergrund.

#### **2.4.5 Kiefer- und Gesichts-Traumatologie**

Die Indikation der Schädelaufnahme im antero-posterioren Strahlengang ist nicht allein den Kieferorthopäden vorbehalten. Andere Fachdisziplinen, wie beispielsweise die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, bedienen sich ebenso diesen radiologischen Aufnahmetypes [62, 73]. Rahn [77] sieht daher neben der kieferorthopädischen Indikation die Verwendung der occipito-frontal Aufnahme des Schädels für Übersichtsaufnahmen bei Verdacht auf Frakturen im Bereich des Viscerocraniums. Dadurch wird die Aussagekraft der frontalen Fernröntgenaufnahme auch ohne metrische Auswertung unterstrichen [101].

#### **2.4.6 Sonstige Indikationen zur FRF**

Alle bislang nicht aufgeführten Indikations-Bereiche der FRF werden unter der Rubrik "Sonstige Indikationen" zusammengefasst. Es sollen hier die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der FRF nur kurz erwähnt, aber nicht weiter ausgeführt werden. Anhand der folgenden eher recht speziellen Studien-Modelle in Zusammenarbeit mit anderen Fachdisziplinen wird das breite diagnostische Spektrum der FRF verdeutlicht.

Eine Ursache für Okklusionsstörungen kann habituelles Mundatmen sein. Daher haben Thüer et al. [97] zur Diagnose von Mundatmung neben rhinomanometrischen Messungen des Luftstromes der Nasengänge, die FRF herangezogen. Anhand der frontalen Fernröntgenaufnahme wurde die Grösse der anatomischen Nasengänge analysiert, um einen Vergleichswert mit der rhinomanometrischen Messung zu erhalten. Die FRF wurden hinsichtlich der messbaren Ausdehnung der nasalen Kavitäten analysiert und der vermutlichen Durchgängigkeit der Nasengänge untersucht [97].

Hwang et al. [42] beschreiben 2000 das Krankheitsbild "Pneumosinus Dilatans Multiplex". Mit Hilfe der Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis wurde zum ersten Mal bei einem Patienten die pathologische Vergrösserung aller Paranasalen Sinus nachgewiesen. Das Krankheitsbild geht desweiteren mit einer geistigen Retardierung und einer facialen Asymmetrie der Mandibula einher [42].

### 3 MATERIAL UND METHODE

Zur Auswertung werden in der Studie die Röntgenaufnahmen herangezogen, welche aus kieferorthopädischer Indikation durch die Poliklinik für Kieferorthopädie am Universitätsklinikum Münster (Direktion Univ.-Prof. Dr. med. dent. Ulrike Ehmer) im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 angewiesen und in der Röntgenologischen Abteilung der Zahn-, Mund- und Kieferklinik angefertigt wurden. Anhand der Aufzeichnungen in den Jahrbüchern der Röntgenologischen Abteilung der Zahnklinik Münster wurden die Anzahl der frontalen und seitlichen Fernröntgenaufnahmen, sowie der angefertigten Orthopantomogramme, als auch die Handröntgenaufnahmen, Panorama-Aufnahmen gesondert für den Unter- und Oberkiefer, sowie intraorale Zahnfilm- und Aufbiss-Aufnahmen im angegebenen Zeitraum ermittelt.

Es erfolgte die Archivierung der oben aufgeführten Röntgenaufnahme-Typen der kieferorthopädischen Patienten hinsichtlich des Entstehungsdatums im angewiesenen Zeitraum in einer Microsoft Access Datenbank. Die Abb. 3.1 stellt die Oberflächen-Gestaltung des verwendeten Archivierungs-Programmes dar:

Abb.3.1 Microsoft Access Datenbank: Oberflächen-Programmierung

Die ermittelten Patienten-Daten wurden anschliessend anonymisiert mit dem medizinischen Statistik-Programm SPSS 10.0 ausgewertet. Im einzelnen stellen die

Ziele der Studie die Ermittlung der Anzahl der verschiedenen röntgenologischen Aufnahmetypen im Gesamt-Zeitraum und in den einzelnen Jahrgängen, sowie die Relation von der Patienten- zu der Röntgenaufnahme-Anzahl und die Alters- und Geschlechter-Verteilung der Patienten dar. Insbesondere die Fragestellung nach der Indikation der Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis gilt es mit den Angaben in der Literatur zu prüfen.

Die Krankenunterlagen sämtlicher Patienten bei denen eine frontale Fernröntgenaufnahme angefertigt worden ist, wurden durchgesehen und daraufhin nach Patientenalter zum Aufnahmezeitpunkt archiviert, sowie insbesondere hinsichtlich nach der Frage der Indikation für die Anfertigung dieser Aufnahme untersucht. Anschließend erfolgte auf Grund dessen eine Zuweisung der FRF-Patienten in sechs definierte Kategorien:

- Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage
- Asymmetrien syndromaler Grundlage
- Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung
- Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten
- Kiefer- und Gesichts-Traumatologie
- Sonstige Indikationen zur FRF

Aus der erstellten Datenbank wurde eine Auswahl von zehn Patienten getroffen. Es handelt es sich dabei ausschließlich um Patienten, welche das Krankheitsbild der Hemifazialen Mikrosomie aufweisen. Die Patienten-Parameter wurden hinsichtlich der Anfertigung der frontalen Fernröntgenaufnahme speziell untersucht.

Ferner erfolgte zusätzlich in einer 1-Fall-Studie bei einem männlichen Patienten mit Hemifazialer Mikrosomie anhand der Analyse von frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen eine korrespondierende röntgenologische Untersuchung.

Die nachfolgenden Kriterien mussten bei den frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen gewährleistet sein:

1. Beide zu Grunde liegenden Fernröntgenaufnahmen-Typen stellen einerseits zunächst sowohl den prä-, als auch den post-operativen Befund des Patienten nach erfolgter Osseo-Distraktions-Therapie bei diagnostizierter Hemifazialer Mikrosomie rechts dar.
2. Sowohl die frontalen als auch die lateralen Fernröntgenaufnahmen sind jeweils an einem Untersuchungstag in der Radiologischen Abteilung am Universitäts-Klinikum Münster für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde angefertigt worden, so dass reproduzierbare Bedingungen unter standardisierten Voraussetzungen gewährleistet sind.
3. Die Fernröntgenaufnahmen zeigen eine gute Qualität, so dass eine problemlose Auswertbarkeit möglich ist. Auf beiden Aufnahme-Typen können alle für die Auswertung genutzten Referenzpunkte reproduzierbar lokalisiert werden.

Die vorliegenden Fernröntgenaufnahmen wurden durch die in der Poliklinik für Kieferorthopädie üblichen Standardverfahren separat von drei verschiedenen Kieferorthopäden ausgewertet und analysiert. Die Abweichungen der Referenzpunkte bewegen sich in in einem Rahmen von weniger als 2%. Aus den drei Analysen eines jeden Röntgenbildes wurden die Durchschnittswerte ermittelt. Anschließend erfolgte bei der korrespondierenden Untersuchung der frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen eine Gegenüberstellung der einzelnen definierten Analysepunkte. Bei den Auswertungsverfahren handelt es sich um die XX-Punkte-Analyse WWU Münster nach Prof. Ehmer für die laterale und die XV-Punkte-Analyse Kombination Münster nach Prof. Ehmer für die frontale Fernröntgenaufnahme. Die elektronische Datenauswertung wurde anhand des in der Poliklinik für Kieferorthopädie angewendeten Programs "fr-win" in der Version 6.0 vorgenommen. In der Untersuchung wurden die Trendwerte miteinbezogen, die bei einem Patienten die tendenzielle Abweichung eines Analysepunktes von der altersabhängigen Norm und des Geschlechts wiedergeben.

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Statistische Auswertung der Ergebnisse von 1993 bis 2001

Gegenstand der Studie stellen die Anzahl der einzelnen Röntgenaufnahmen, die Relation von der Patienten- zu der Röntgenaufnahme-Zahl, als auch die Alters- und die Geschlechterverteilung der Patienten dar. Das Hauptaugenmerk ist dabei auf die frontale Fernröntgenaufnahme gerichtet, um insbesondere die Veränderungen der Indikation in den einzelnen Jahrgängen der Untersuchungsergebnisse mit denen in der Literatur zu vergleichen. Desweiteren steht die Verwendung der Fernröntgenfrontalaufnahme als diagnostisches Hilfsmittel bei Hemifazialer Mikrosomie im Vordergrund.

#### 4.1.1 Allgemeine Ergebnisse der statistischen Analyse

Insgesamt wurden am Universitäts-Klinikum Münster für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 20715 Röntgenaufnahmen für die Kieferorthopädische Poliklinik bei 9283 Patienten angefertigt. Das mittlere Durchschnittsalter der KFO-Patienten beträgt 20,4 Jahre. Von diesen 9283 Patienten sind 4937 weiblich und 4346 männlich. Dies entspricht einer prozentualen Verteilung von 53% weiblichen zu 47% männlichen Patienten.

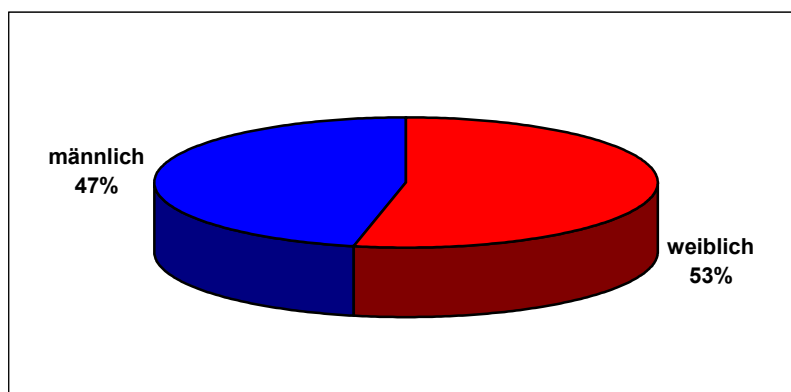


Abb.4.1

Kreisdiagramm in Prozent der Geschlechterverteilung der 9283 Patienten im Gesamt-Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001

Die Anzahl der absoluten frontalen und seitlichen Fernröntgenaufnahmen, sowie der angefertigten Panoramaschichtaufnahmen, als auch die Handaufnahmen, Panoramavergrößerungs-Aufnahmen gesondert für den Unter- und Oberkiefer, sowie

die intraoralen Zahnfilm- und Aufbiss-Aufnahmen im angegebenen Gesamt-Zeitraum werden in dem in Abb.4.2 dargestellten Balken-Diagramm aufgezeigt.

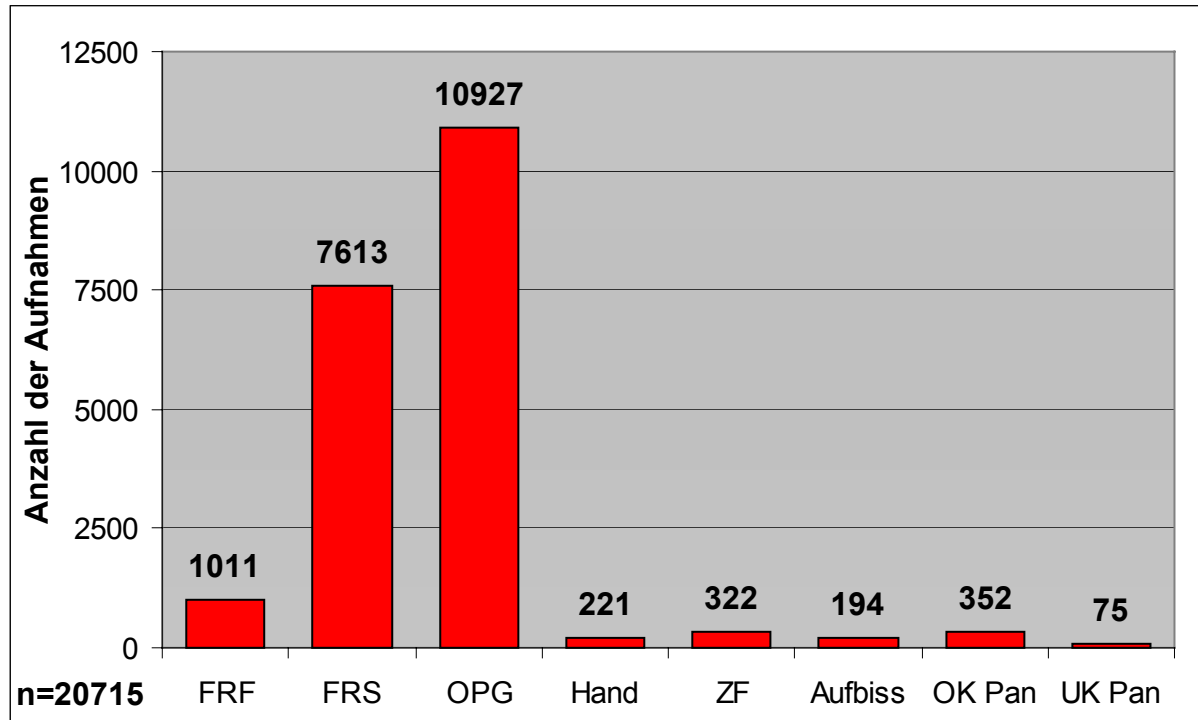


Abb.4.2 Absolute Anzahl der einzelnen Röntgenaufnahme-Typen 1993 – 2001

Die Ergebnisse der absoluten Häufigkeiten von insgesamt 20715 Röntgenaufnahmen aus Abb.4.2 werden noch einmal anhand der prozentualen Verteilung der Röntgenaufnahme-Typen im Gesamt-Zeitraum in einem Kreisdiagramm in Abb.4.3 dargestellt.

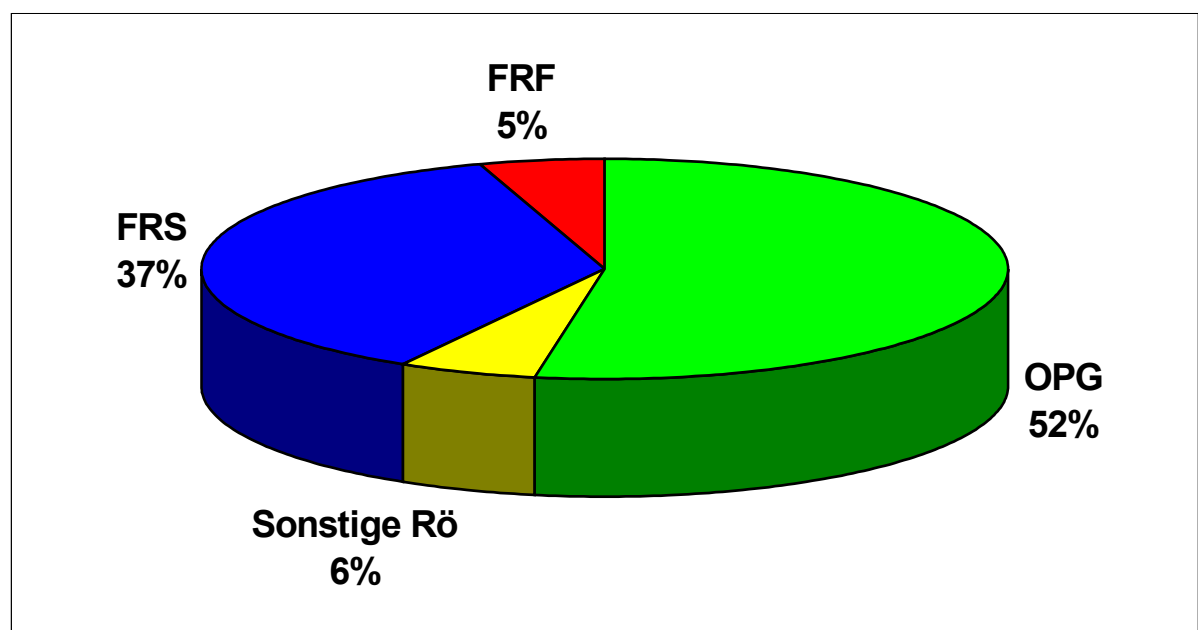


Abb.4.3 Relative Verteilung der Röntgenaufnahme-Typen 1993 – 2001



Das Orthopantomogramm mit 10927 Aufnahmen und die laterale Fernröntgenaufnahme mit 7613 sind die mit Abstand am Häufigsten verwendeten Aufnahme-Typen dieser Studie. Sie stellen das Standard-Hilfsmittel der kieferorthopädischen Diagnose und der Kontrolle des Therapieverlaufes dar. Für die Standard-Fall-Diagnostik werden diese Röntgenaufnahmen auch als der sogenannte "Gold-Standard" bezeichnet.

Bei der folgenden Jahresauswertung wurden nur die vollständig aufgezeichneten Jahre 1993 bis 2000 berücksichtigt. Das Diagramm in Abb.4.4 zeigt im Vergleich die drei am Häufigsten verwendeten Röntgenaufnahme-Typen in dieser Studie.

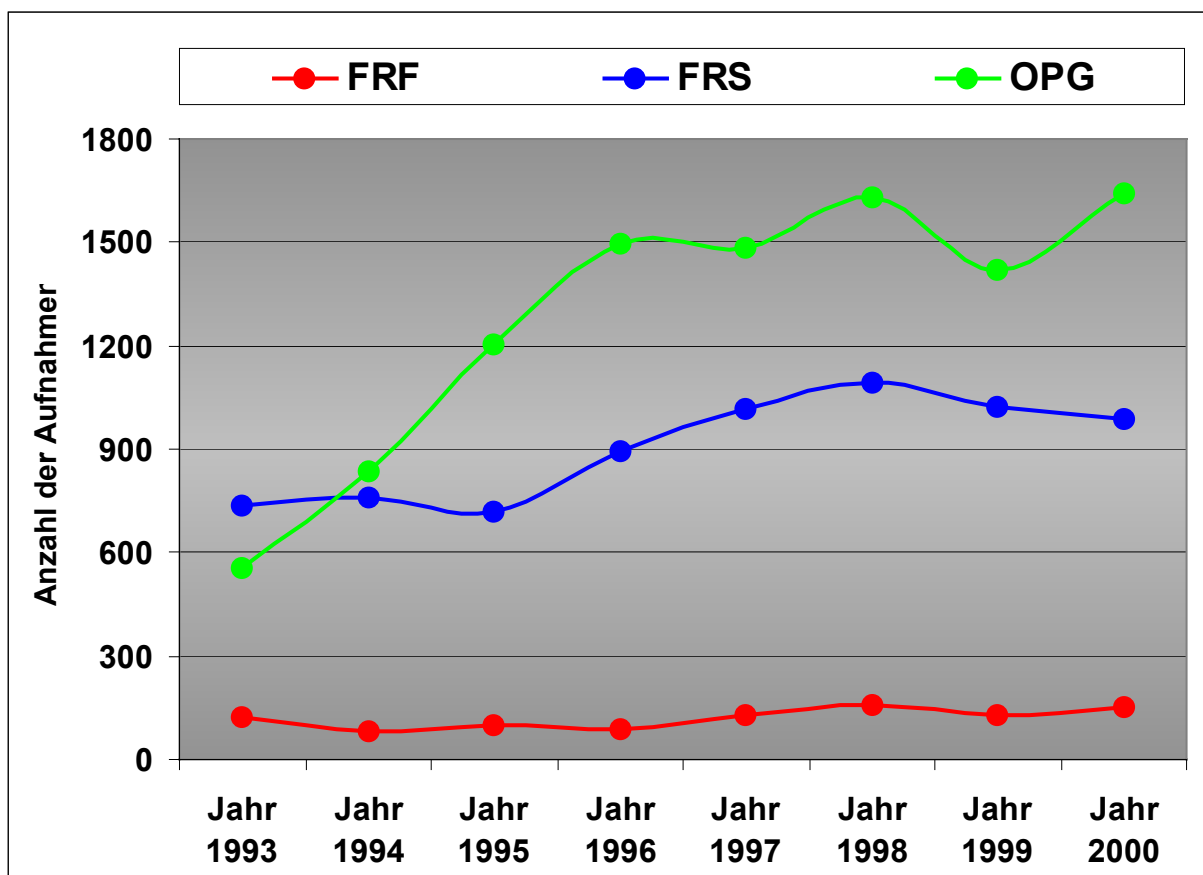


Abb.4.4 Jahresauswertung von FRF – FRS – OPG im Gesamt-Zeitraum

Die jährliche Anzahl der lateralen Fernröntgenaufnahmen liegt mit 734 bis maximal 1090 Aufnahmen pro Jahr weit über der des frontalen Röntgenbildes; die Panoramaschichtaufnahme allerdings übertrifft als allgemein-gültiges diagnostisches Hilfsmittel mit einem Maximal-Wert von 1643 Aufnahmen im Jahr 2000 sogar um mehr als 500 Aufnahmen pro Jahr noch die Fernröntgenseitenaufnahme. Die laterale

Fernröntgenaufnahme und das Orthopantomogramm verzeichnen im ausgewiesenen Zeitraum einen enormen jährlichen Zuwachs. Die Panoramaschichtaufnahme weist sogar im direkten Vergleich vom Anfangsjahr 1993 mit dem Endjahr 2000 dieser Studie eine Wachstumsrate von nahezu 300% auf. Die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis hingegen pendelt sich im Zeitraum von 1997 bis 2000 bei einer Anzahl um die 140 Aufnahmen pro Jahr ein. Die statistische Analyse der Ergebnisse in den einzelnen Jahrgängen unterstreicht wiederum die These der standardmässigen Verwendung von Orthopantomogramm und lateraler Fernröntgenaufnahme als diagnostisch-radiologisches Hilfsmittel in der kieferorthopädischen Praxis.

Die folgenden Untersuchungen beziehen sich nunmehr allein auf die frontale und laterale Fernröntgenaufnahme. Insgesamt wurden am Universitätsklinikum Münster im Gesamt-Zeitraum 8623 Fernröntgenaufnahmen für die Kieferorthopädische Poliklinik bei 5339 Patienten angefertigt. Abb.4.5 zeigt in einem Kreisdiagramm die prozentuale Verteilung der frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahme.

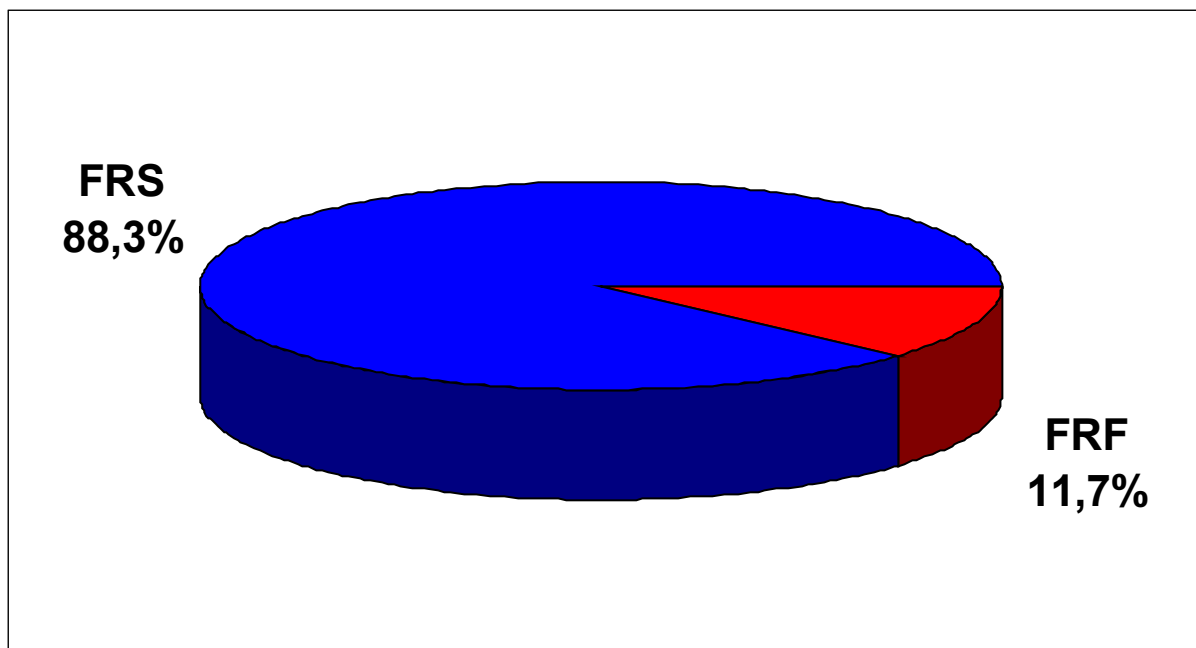
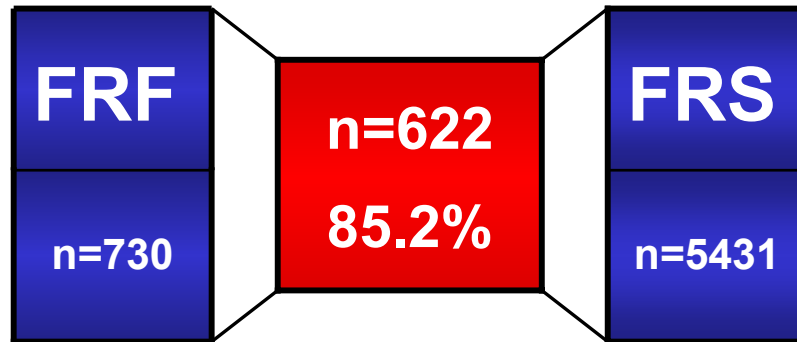


Abb.4.5 Relative Anteile von FRF und FRS bezüglich der insgesamt 8623 angefertigten Fernröntgenaufnahmen im Gesamt-Zeitraum 1993 – 2001

Bei einer Anzahl von 730 Patienten wurden insgesamt 1011 Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis angewiesen. Die 7613 Fernröntgenseitenaufnahmen wurden bei 5431 Patienten angefertigt. Die Abb 4.6 stellt eine Kreuztabelle der Kombination von frontaler und lateraler Fernröntgenaufnahme dar:

Abb.4.6



Anhand der Ergebnisse aus Abb.4.6 lässt sich die Rechnung aufstellen, dass lediglich bei 108 Patienten von den insgesamt 730 FRF-Patienten keine Kombination mit der lateralen Fernröntgenaufnahme vorliegt bzw. bei mehr als 85% der Patienten bei denen sowohl eine Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis, als auch eine Fernröntgenseitenaufnahme angefertigt worden ist.

Im folgenden Balken-Diagramm in Abb.4.7 wird der relative Anteil der frontalen Fernröntgenaufnahme an der jährlichen Anzahl der Gesamt-Fernröntgenaufnahmen in einer Jahresauswertung von 1993 bis 2000 dargestellt.

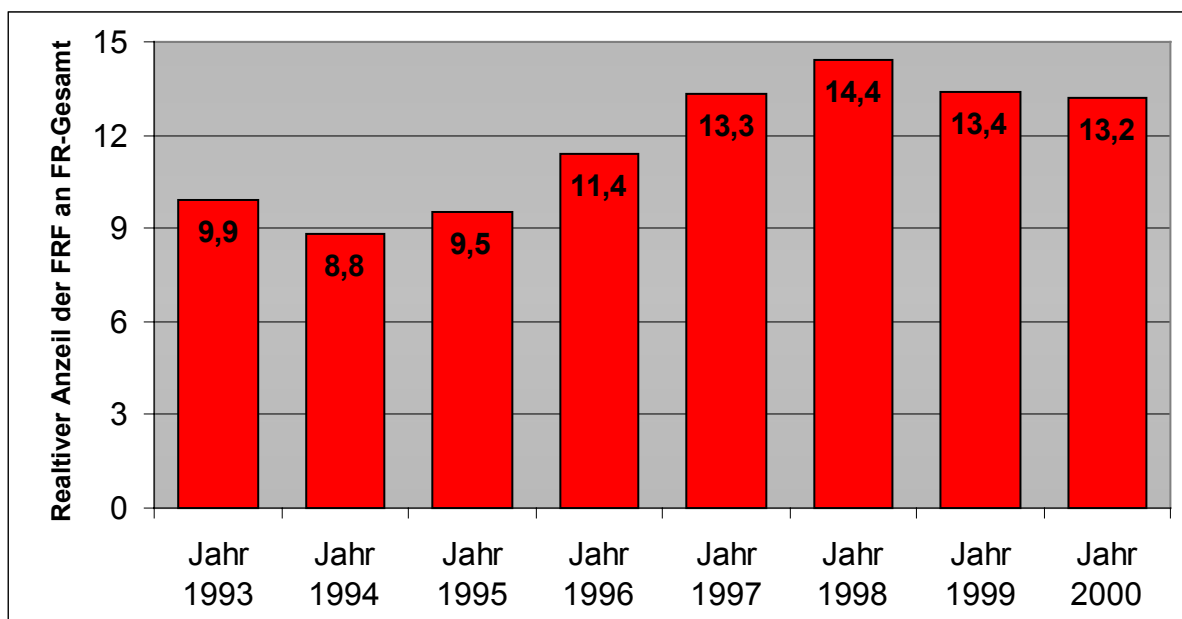


Abb.4.7 Prozentualer Anteil der FRF hinsichtlich der Gesamt-Fernröntgenaufnahmen in den einzelnen Jahrgängen 1993 – 2000

Im Einzelnen werden in Abb.4.8 dazu im Vergleich die absoluten Zahlen der frontalen Fernröntgenaufnahme in einer Jahresauswertung von 1993 bis 2000 nochmals detailliert aufgezeigt.

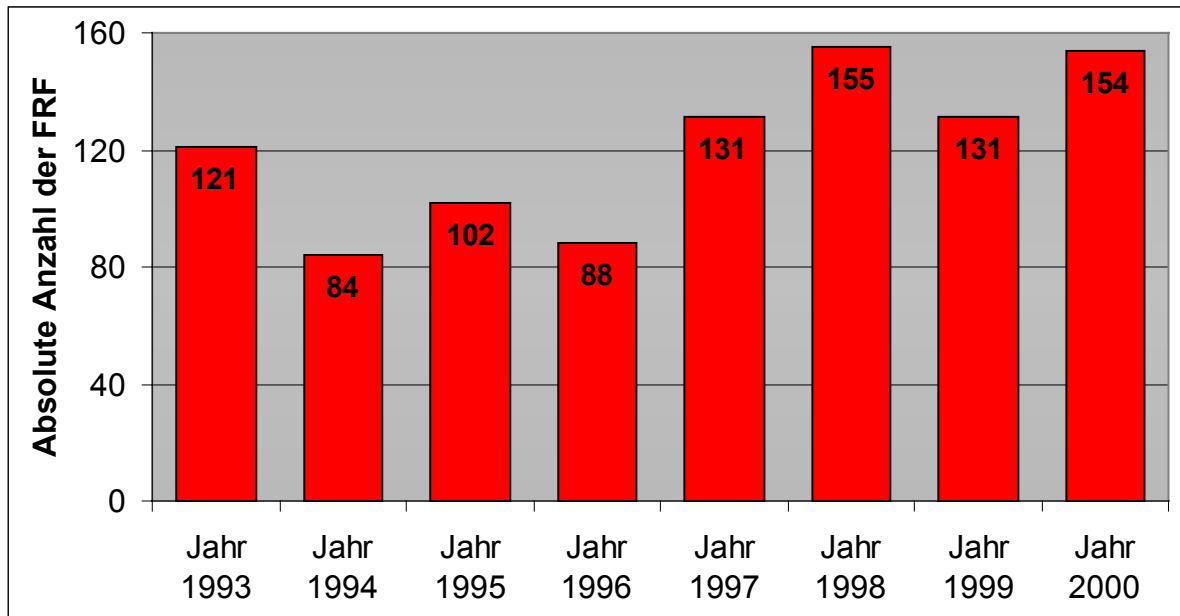


Abb.4.8 Absolute Anzahl der FRF in den einzelnen Jahrgängen 1993 – 2000

Nach anfänglichen Schwankungen in den Jahren 1993 bis 1996 haben sich die absoluten Anzahlen der Fernröntgenfrontalaufnahmen in den folgenden vier Jahren von 1997 bis 2000 um einen durchschnittlichen Wert von 140 Aufnahmen pro Jahr eingependelt. Im direkten Vergleich vom Anfangsjahr 1993 mit dem Endjahr 2000 weist die frontale Fernröntgenaufnahme eine Wachstumsrate von nahezu 19% auf.

Der prozentuale Anteil der frontalen Fernröntgenaufnahme an der Anzahl der Gesamt-Fernröntgenaufnahmen zeigt ab dem Jahr 1994 bis 1998 einen stetig-kontinuierlichen mittleren Zuwachs von 5,6% auf. In den beiden Jahren 1999 und 2000 der Studie sind hingegen wieder leicht rückläufige Werte zu beobachten. Diese aus der in Abb.3.8 gewonnenen Ergebnisse lassen sich aber nur zum Teil mit den absoluten Zahlen der Fernröntgenfrontalaufnahme in den einzelnen Jahrgängen in Deckung bringen. Über den gesamten Zeitraum von 1993 bis 2000 ist lediglich von 1996 bis 1998 ebenfalls ein kontinuierlicher Zuwachs zu verzeichnen. In diesen drei Jahren wurden demzufolge jährlich mehr frontale Fernröntgenaufnahmen angefertigt, bei gleichbleibenden Zahlen der lateralen Fernröntgenaufnahme, da der prozentuale Anteil an den Gesamt-Fernröntgenaufnahmen ebenfalls angestiegen ist. Interessant ist auch die Tatsache, dass im Jahre 2000 die absolute Anzahl der

Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis eine Steigerung von mehr als 20 Aufnahmen im Vergleich zum vorherigen Jahr aufweist, der relative Anteil an den Gesamt-Fernröntgenaufnahmen jedoch mit 2,2% schon wieder rückläufig ist. In den beiden letzten Jahren 1999 und 2000 hat sich folglich der prozentuale jährliche Anteil der angefertigten Fernröntgenseitenaufnahmen gegenüber der Röntgenaufnahmen in der Norma frontalis erhöht.

#### 4.1.2 Relation von der Patienten- zu der Röntgenaufnahme-Anzahl

Eine detaillierte Auflistung der in dieser Studie verwendeten Röntgenaufnahme-Typen und deren absoluter Anzahl im Gesamt-Zeitraum in Korrelation mit der Anzahl der Patienten, bei denen diese Röntgenaufnahmen angefertigt worden sind, zeigt die Tab.4.1. Desweiteren ist das Verhältnis von der Röntgenaufnahme- zu der absoluten Patienten-Anzahl von 9283 Patienten für den jeweiligen Röntgen-Typ dargestellt.

Aufnahme-Typ	Anzahl der Patienten	Anzahl der Aufnahmen	Relation Rö / Pat-Ges
Frontale Fernröntgenaufnahme	730	1011	0,11
Laterale Fernröntgenaufnahme	5431	7613	0,82
Orthopantomogram	8414	10927	1,18
Handaufnahme	215	321	0,02
Intraoraler Zahnfilm	316	322	0,04
Panorama Mandibula	302	352	0,01
Panorama Maxilla	72	75	0,02

Tab.4.1 Häufigkeiten der einzelnen Aufnahme-Typen, sowie die Anzahl der jeweiligen Patienten und deren Relation zueinander

Insbesondere anhand der in der letzten Spalte dargestellten Relation von der Röntgenaufnahme- zu der Gesamt-Patienten-Anzahl im Zeitraum 1993 bis 2001 lässt sich wiederum die Dominanz des Orthopantomogrammes als allgemein-gültiges radiologisches Hilfsmittel in der Kieferorthopädie zeigen. 1,18 Panoramaschichtaufnahmen wurden im Mittel bezüglich eines Patienten angefertigt und immerhin 0,82 Fernröntgenseitenaufnahmen bzw. 0,11 Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis.

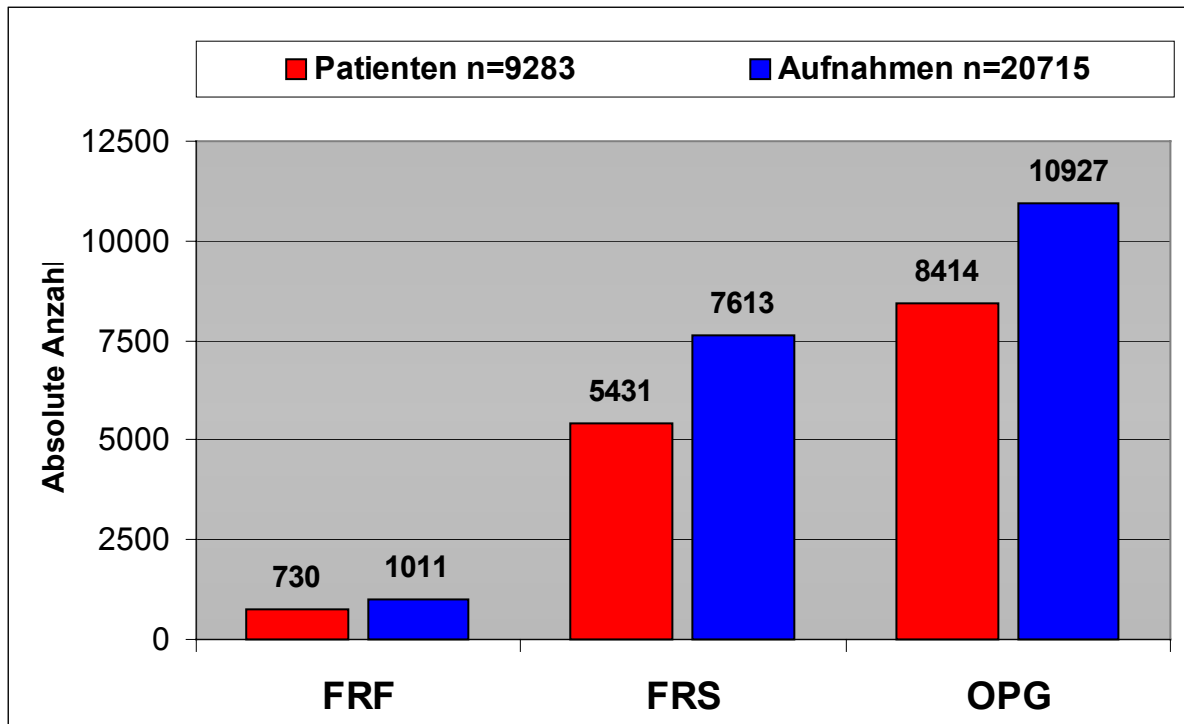


Abb.4.9 Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten von Patienten und Aufnahmetypen im Gesamt-Zeitraum 1993 – 2001

Eine Gegenüberstellung der absoluten Häufigkeiten von den Patienten und der Aufnahmetypen im Gesamt-Zeitraum zeigt das Balkendiagramm in Abb.4.9. Anhand dieser Daten lässt sich das mittlere Verhältnis von der pro Patient angefertigten Anzahl der einzelnen Röntgenaufnahme-Typen direkt errechnen, in dem der Quotient von den Röntgenaufnahmen zu der absoluten Anzahl der Patienten diesen Aufnahme-Typen ermittelt wird (Abb.4.10).

<b>FRF</b>	1,38 Aufnahmen / Patient
<b>FRS</b>	1,40 Aufnahmen / Patient
<b>OPG</b>	1,30 Aufnahmen / Patient

Abb.4.10 Mittlere Anzahl der jeweiligen Röntgenaufnahmen pro Patient 1993 – 2001

Im Durchschnitt sind sowohl bei der lateralen, als auch bei der frontalen Fernröntgenaufnahme auf eine Dezimalstelle gerundet 1,4 Aufnahmen pro Patient durchgeführt worden. Dieses Ergebnis steht in direkter Korrelation mit den Ergebnissen aus der Kreuztabelle in Abb 3.7. Bei mehr als 85% der Patienten bei denen eine Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis angefertigt worden ist, wurde ebenfalls eine Fernröntgenseitenaufnahme angewiesen. Da während einer kieferorthopädischen Behandlungssequenz zum Zeitpunkt der Diagnose, der

Kontrolle(n) des Therapie-Erfolges und zur Abschluss-Dokumentation in Kombination Panoramaschichtaufnahmen, Fernröntgenseitenaufnahmen und gegebenenfalls bei entsprechender Indikation, beispielsweise bei transversalen Asymmetrien, auch frontale Fernröntgenaufnahmen angefertigt werden, sind die sich weitestgehenden Ergebnisse aus Abb.4.10 zu interpretieren.

Die folgende Abb 4.11 zeigt die Relation von der Fernröntgenaufnahme- zu der Patienten-Anzahl in den einzelnen Jahrgängen von 1993 bis 2001.

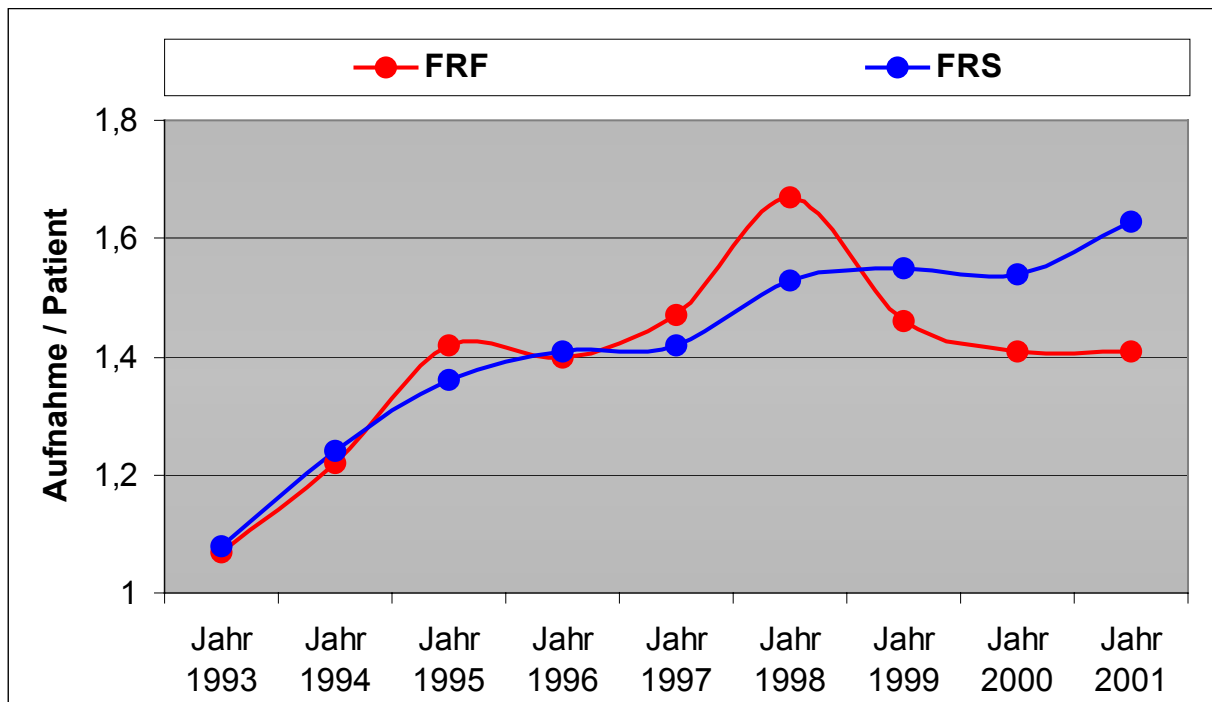


Abb.4.11 Relation von der Aufnahme- zur Patienten-Anzahl in den Jahrgängen

Sowohl für die frontale, als auch für die laterale Fernröntgenaufnahme ist ein stetig-kontinuierlicher Anstieg der Relation von der Aufnahme- zu der Patienten-Anzahl zu erkennen. Während der Quotient für die Fernröntgenseitenaufnahme bis zum Jahr 2001 weiter bis zum Wert 1,63 ansteigt, fällt der Wert für die frontale Fernröntgenaufnahme auf 1,41 wieder ab. Das absolute Maximum erreicht die Kurve der Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis im Jahr 1998 mit einer Anzahl von 1,67 Aufnahmen pro Patient. Dieser Wert deckt sich ebenfalls mit dem Maximum von 155 Aufnahmen aus der Jahreswertung der Fernröntgenfrontalaufnahme in Abb.4.7 und dem maximalen Anteil von 14,4% der Fernröntgenfrontalaufnahme an den Gesamt-Fernröntgenaufnahmen in Abb.4.8.

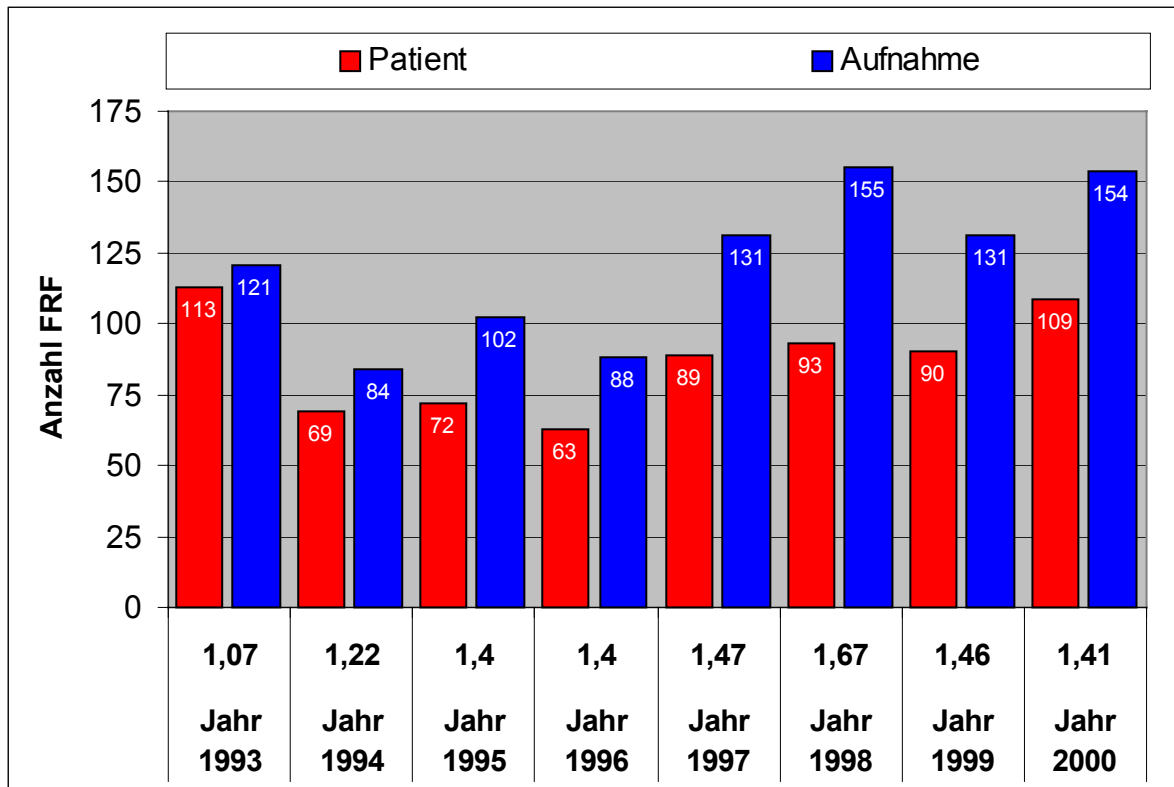


Abb.4.12 Relation von FRF- zur Patienten-Anzahl in den Jahrgängen 1993 – 2000

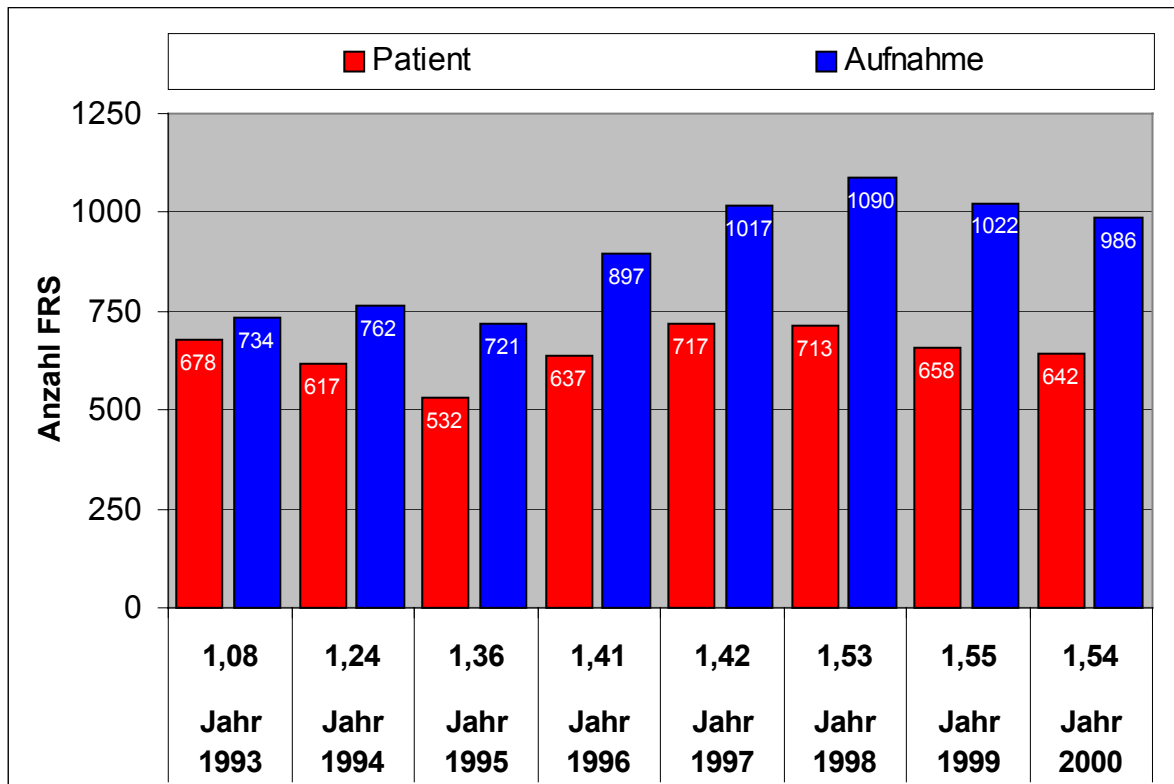


Abb.4.13 Relation von FRS- zur Patienten-Anzahl in den Jahrgängen 1993 – 2000



### 4.1.3 Geschlechterverteilung der Fernröntgen-Patienten

Die Geschlechterverteilung der insgesamt 9283 Patienten im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 weist eine prozentuale Verteilung von 53% weiblichen zu 47% männlichen Patienten auf (Abb.4.1). In den beiden folgenden Grafiken ist die Geschlechterverteilung der Patienten, bei denen eine Fernröntgenaufnahme angewiesen worden ist, separat für den jeweiligen Aufnahme-Typ dargestellt.

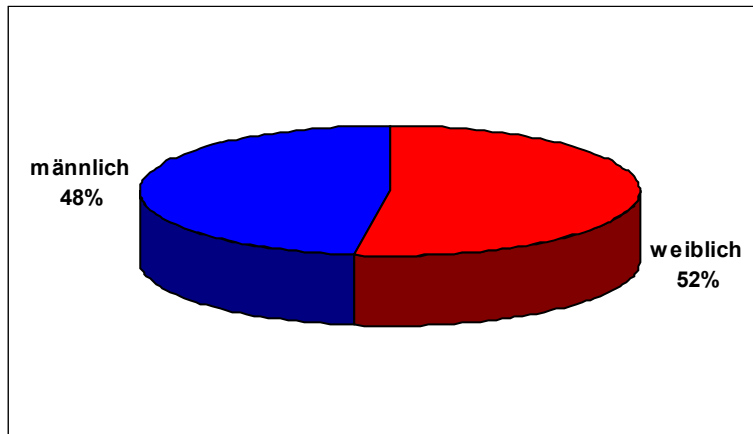


Abb.4.14

Kreisdiagramm in Prozent der Geschlechterverteilung der 730 FRF-Patienten im Gesamt-Zeitraum

Die folgende Abb.4.15 zeigt die absoluten Häufigkeiten der Geschlechterverteilung der Fernröntgenfrontalbild-Patienten n=730 in einer Jahresauswertung.

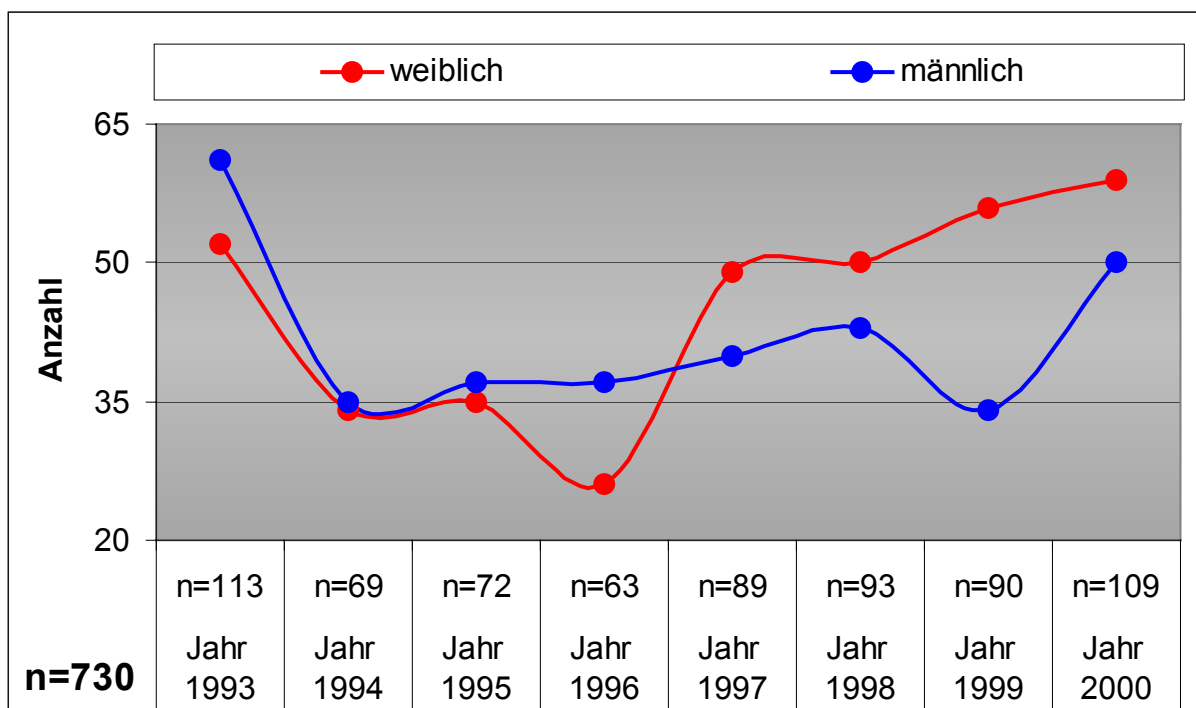


Abb.4.15 Geschlechterverteilung der FRF-Patienten in den Jahrgängen 1993 – 2000

Die Ergebnisse aus Abb.4.14 zeigen, dass die Geschlechterverteilung der Fernröntgenfrontalbild-Patienten im Vergleich zu der Verteilung innerhalb der Gesamt-Patienten lediglich um 1% zugunsten des männlichen Anteils verschoben ist. Dies entspricht einer relativen Verteilung von 52% weiblichen und 48% männlichen Patienten. Aus der Abb.3.16 geht hervor, dass sich zunächst in den Jahren von 1993 bis 1996 der männliche Anteil der Fernröntgenfrontalbild-Patienten sogar über dem des weiblichen Anteiles befindet. Ab dem Jahr 1997 aber ist die Anzahl der weiblichen Fernröntgenfrontalbild-Patienten in den einzelnen Jahren stetig angestiegen. Die größte Diskrepanz der Geschlechterverteilung der Fernröntgenfrontalbild-Patienten ist im Jahr 1999 zu beobachten: 56 weibliche im Vergleich zu 24 männlichen Patienten. Im folgenden Jahr 2000 nähern sich beide Kurven aber wieder an und gleichen somit einer Normalverteilung von 50% weiblichen und 50% männlichen Patienten.

Die Abb.4.16 zeigt die relativen Anteile der Geschlechterverteilung der Fernröntgenseitenbild-Patienten im Gesamt-Zeitraum. Von den insgesamt 5432 Patienten sind 2920 Patienten weiblich und 2512 männlich. Dies entspricht einer relativen Verteilung von 54% weiblichen und 46% männlichen FRS-Patienten. Diese Werte weichen im Vergleich zu der Geschlechterverteilung der Gesamt-Patienten um 1% zugunsten der weiblichen Fernröntgenseitenbild-Patienten ab und sind somit ebenso genau um 1% kontrovers zu der Geschlechterverteilung der Fernröntgenfrontalbild-Patienten verteilt.

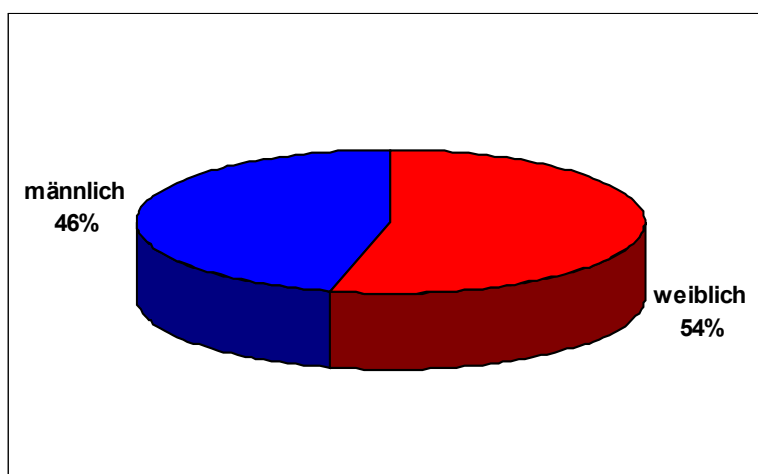


Abb.4.16

Kreisdiagramm in Prozent der Geschlechterverteilung der 5432 FRS-Patienten im Gesamt-Zeitraum

Die Abb.4.17 stellt die absoluten Häufigkeiten der Geschlechterverteilung der lateralen Fernröntgenbild-Patienten n=5432 in den einzelnen Jahrgängen dar.

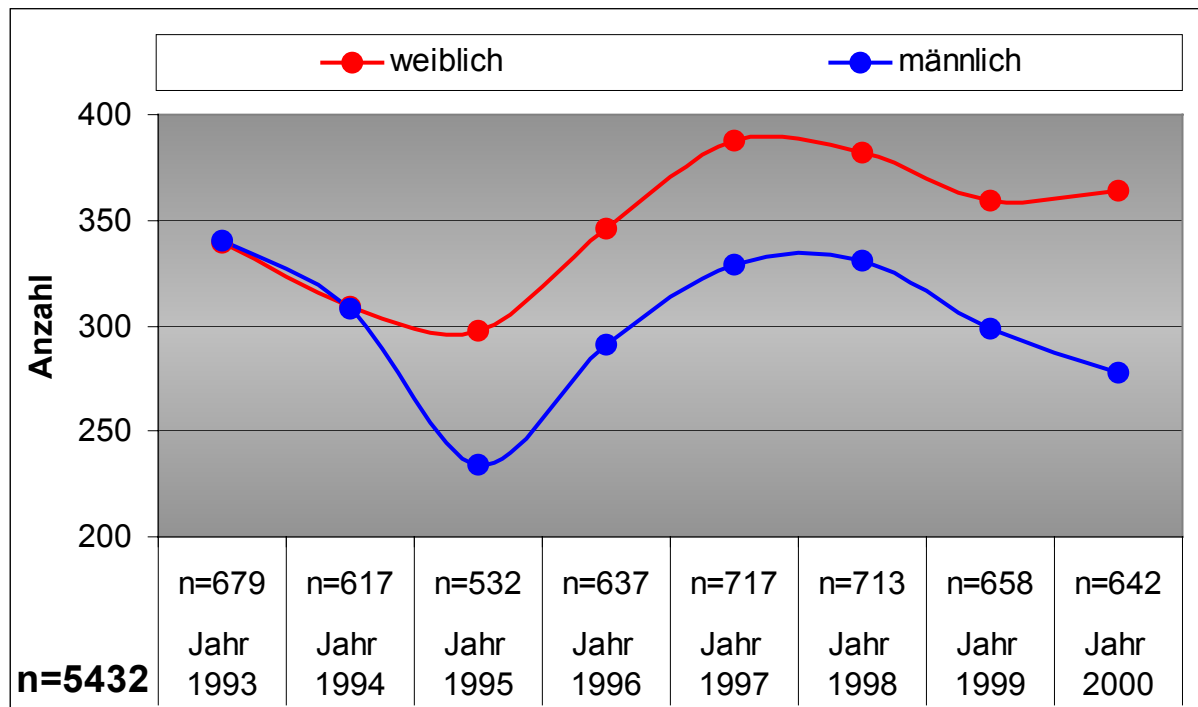


Abb.4.17 Geschlechterverteilung der FRS-Patienten in den Jahrgängen 1993 – 2000

Die Jahresauswertung der Fernröntgenseitenbild-Patienten zeigt in den ersten zwei Jahren des untersuchten Zeitraumes eine Normalverteilung von nahezu exakt 50% weiblichen zu 50% männlichen Patienten. In den folgenden fünf Jahren von 1995 bis 1999 ist eine konstante Differenz von 58 Patienten zwischen den beiden Kurvenverläufen zugunsten des weiblichen Anteils zu erkennen. Im Jahr 2000 divergiert die weibliche von der männlichen Kurven noch weiter - im Gegensatz zu der Geschlechterverteilung der FRF-Patienten im Jahr 2000. Bei einer isolierten Betrachtung des in Abb 3.18 dargestellten letzten Jahres lässt sich eine relative Geschlechterverteilung von 57% weiblichen zu 43% männlichen Patienten ermitteln. Dies entspricht immerhin einer relativen Abweichung von 4% gegenüber der Geschlechterverteilung der 9283 Gesamt-Patienten. Ob man von einem fortlaufenden Trend zugunsten des weiblichen Anteils der FRS-Patienten sprechen kann, ist eher fraglich, da jährliche Schwankungen, wie sie auch die Geschlechterverteilung der frontalen Fernröntgenbild-Patienten in Abb.4.15 aufzeigen, jederzeit eintreten können. Auffällig ist aber schon die leicht generalisierte zahlenmäßige Überlegenheit der weiblichen Patienten, sowohl innerhalb der Fernröntgenbild-, als auch der Gesamt-Patienten.

#### 4.1.4 Altersverteilung der Fernröntgen-Patienten

Das Durchschnittsalter der insgesamt 9283 Patienten im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 beträgt 20,4 Jahre. In den beiden folgenden Grafiken (Abb.4.18 und Abb.4.19) ist die Altersstruktur der Patienten, bei denen eine Fernröntgenaufnahme angewiesen worden ist, separat für den jeweiligen frontalen bzw. lateralen Aufnahme-Typ dargestellt.

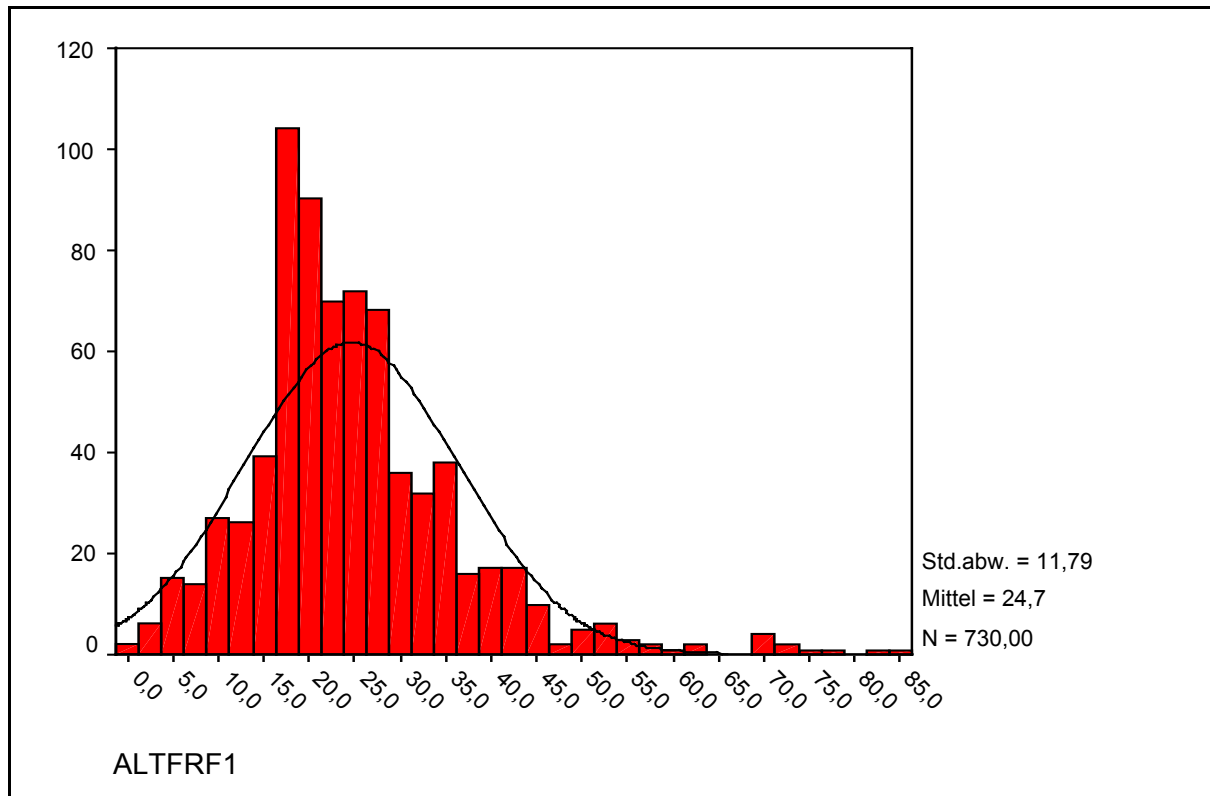


Abb.4.18 Altersverteilung der FRF-Patienten

Die Altersverteilung der Patienten  $n=730$ , bei denen im untersuchten Zeitraum eine Fernröntgenfrontalaufnahme angefertigt wurde, geht aus Abb.4.18 hervor. Das Durchschnittsalter der Patienten beträgt 24,7 Jahre mit einer Standardabweichung von 11,8 Jahren. Dieser ermittelte Wert liegt somit 4,4 Jahre über dem Durchschnittswert der Gesamt-Patienten. Das jüngste Kind war nicht älter als ein Jahr und der älteste Patient über 85 Jahre. Auffällig ist die geringe Anzahl von nur 31 Patienten bei den über 45-Jährigen. Dies entspricht einem relativen Anteil von 4,3%. Desweiteren wurde lediglich bei 19 Kindern bis zum fünften Lebensjahr eine frontale Fernröntgenaufnahme angeordnet. Der relative Anteil der im frontalen Röntgenbild untersuchten Milchgebisse ist daher mit 2,6% sehr gering. Mit 101 Aufnahmen in der Norma frontalis, entsprechend 13,8%, ist der Anteil der Wechselgebisse und

Dauergebisse im Wachstum größer, als der des vorhergenannten Altersbereiches. Aber der weitaus größte Teil der Aufnahmen entfällt mit 579 Fernröntgenfrontalaufnahmen, welches einen relativen Anteil von 79,3% entspricht, auf die Patienten, die älter als 16 Jahre sind, bei denen also in der Regel kein Wachstum mehr vorliegt.

Die Ergebnisse der Altersstruktur der 5432 lateralen Fernröntgenbild-Patienten gibt die Abb.4.19 wieder.

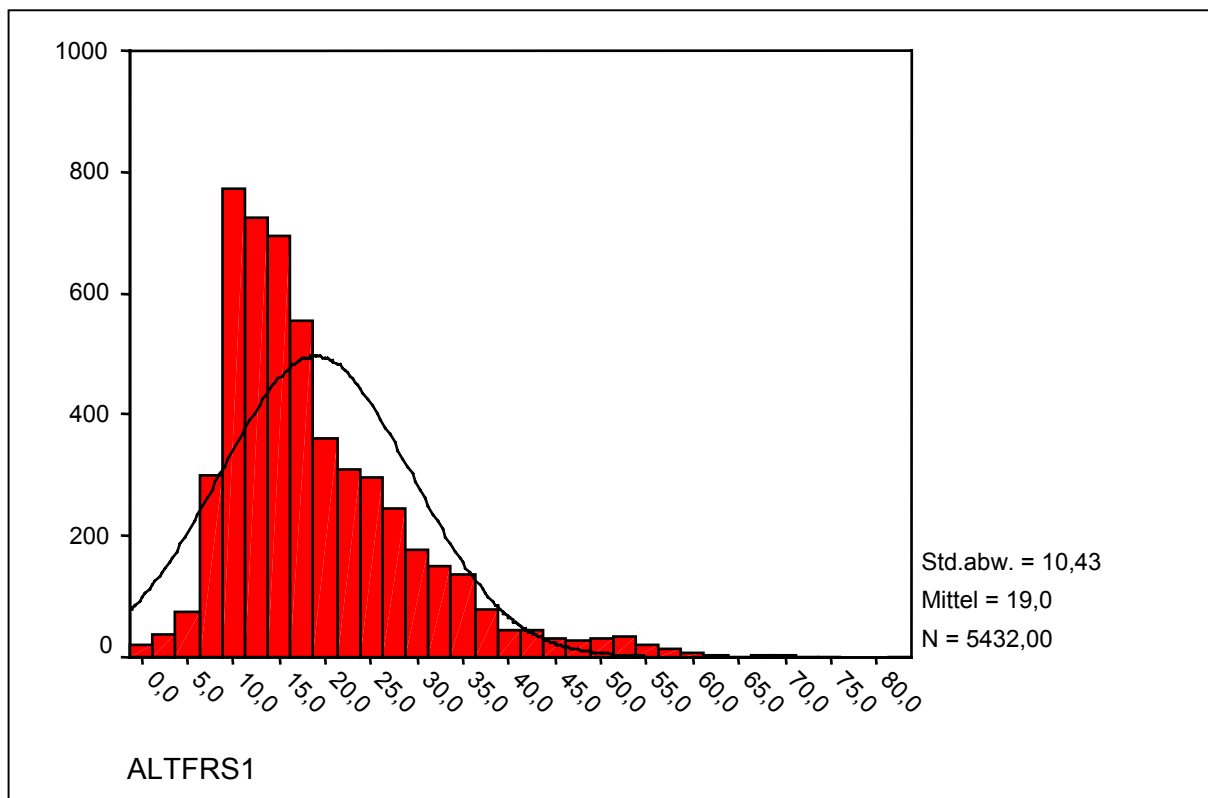


Abb.4.19 Altersverteilung der FRS-Patienten

Das Durchschnittsalter der FRS-Patienten beträgt im angewiesenen Untersuchungs-Zeitraum 19,0 Jahre mit einer Standardabweichung von 10,4 Jahren. Im direkten Vergleich mit dem Ergebnis des Durchschnittsalters der 9283 Gesamt-Patienten von 20,4 Jahren ist lediglich eine Abweichung von 1,4 Jahren nach unten festzustellen. Jedoch gegenüber dem in Abb.4.18 dargestellten Ergebnis der Altersstatistik der frontalen Fernröntgen-Patienten, liegt der ermittelte Wert der Fernröntgenseitenbild-Patienten somit 5,8 Jahre unter diesem Durchschnittswert. Ebenso war der älteste Patient mit 70 Jahren, bei dem eine laterale Fernröntgenaufnahme angefertigt wurde, immerhin auch 15 Jahre jünger, als der älteste Patient bei der frontalen

Fernröntgenaufnahme. Das jüngste Kind war entsprechend der Fernröntgenfrontalaufnahme auch nicht älter als ein Jahr. Auffällig ist wiederum die geringe Anzahl von nur 192 Patienten bei den über 45-Jährigen. Dies entspricht einem relativen Anteil von 3,5%. Desweiteren wurde lediglich bei 146 Kindern bis zum fünften Lebensjahr eine laterale Fernröntgenaufnahme angeordnet. Der relative Anteil der im lateralen Röntgenbild untersuchten Milchgebisse ist daher mit 2,7% ebenfalls wie bei der Fernröntgenfrontalaufnahme sehr gering. Die Anzahl von 2778 Fernröntgenseitenbild-Patienten in der Wechselgebiss-Phase im Alter von fünf bis 16 Jahren entspricht einem relativen Anteil von 51,1%. Auf diesen Altersbereich der lateralen Fernröntgenbild-Patienten entfällt somit der zahlenmäßig größte Anteil. Die Patienten mit einem Alter von 16 bis 45 Jahren weisen einen relativen Anteil von 42,6% auf, entsprechend einer absoluten Häufigkeit von 2316 Fernröntgenseitenbild-Patienten. Somit wurde insgesamt immerhin bei 46,1% der Patienten eine laterale Fernröntgenaufnahme nach Wachstumsabschluß angefertigt.

Während die Ergebnisse der bis 5-Jährigen Kinder und der über 45-Jährigen Patienten sowohl bei der frontalen, als auch bei der lateralen Fernröntgenaufnahme nahezu identisch sind, sind große Differenzen im Altersbereich der sich im Wechselgebiss befindenden Patienten zu beobachten. Diese Ergebnisse unterstützen wiederum die Schlussfolgerung, dass die laterale Fernröntgenaufnahme zusammen mit der Panoramaschichtaufnahme den grössten Einsatzbereich im Rahmen der röntgenologischen Diagnostik des kieferorthopädischen Standard-Patienten im Wechselgebiss darstellen. Dass die Ergebnisse der relativen Anteile der bis 5-Jährigen Kindern bei der frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahme sich weitestgehend auf 0,1% genau entsprechen, ist nicht weiter verwunderlich, da im Rahmen der Frühdiagnostik, beispielsweise bei Syndrom-Patienten, wenn nicht nur sagittale Abweichungen zu beobachten sind, sondern auch eine transversale Komponente zu erwarten ist, immer ein komplettes radiologisches Profil des Patienten erstellt wird.

#### **4.1.5 Indikation der Fernröntgenfrontalaufnahme**

Die Kieferorthopädie ist in wachsender Masse bei der Diagnostik und der Therapie-Kontrolle vom Röntgenbefund abhängig. Daher wird der Kieferorthopäde stets bei der Auswahl des jeweiligen Aufnahmeverfahrens darum bemüht sein, den höchsten Informationswert des gewählten Röntgenbefundes zu erreichen. Im Gegensatz zur lateralen Fernröntgenaufnahme ist aber die Indikation des frontalen Pendants in der Regel nicht nur durch den Kieferorthopäden gestellt, sondern vielmehr interdisziplinären Fragestellungen unterworfen. Daher werden auch in der Literatur, wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln hervorgehoben, die verschiedensten Indikationen zur frontalen Fernröntgenaufnahme beschrieben. Die zum Teil sehr speziellen Fragestellungen in den einzelnen Studien-Modellen sind allerdings nicht immer mit der alltäglichen Verwendung in der kieferorthopädischen Praxis vereinbar.

In dieser Studie wurden daher die FRF-Patienten in sieben übergeordneten Indikations-Gruppen eingeteilt:

- 4.1.5.1 Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage (A-Syndromal)**
- 4.1.5.2 Asymmetrien syndromaler Grundlage**
- 4.1.5.3 Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung**
- 4.1.5.4 Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten**
- 4.1.5.5 Kiefer- und Gesichts-Traumatologie**
- 4.1.5.6 Sonstige Indikationen zur FRF**
- 4.1.5.7 Unvollständige Patienten-Unterlagen**

Diese Gruppierung ermöglicht eine weitestgehende Differenzierung der einzelnen fachdisziplinären Indikations-Stellungen. Überschneidungen ergeben sich insbesondere in dem immer grösser werdenden Bereich der kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie. Eine eindeutige Trennung der FRF-Indikation in einen chirurgischen bzw. kieferorthopädischen Bereich ist durch die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Behandlung von Patienten u.a. mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten oder einer Manifestation eines cranio-facialen Symptomenkomplexes nicht immer möglich. In erster Linie erfolgt die Planung der Behandlungs-Abläufe des Patienten auf Grund der Analysen des radiologischen Materials aber immer noch durch den Kieferorthopäden.

Die Abb.4.20 repräsentiert zur Übersicht in Form eines Balkendiagramms die absoluten Anzahlen der insgesamt 730 FRF-Patienten in den sieben übergeordneten Indikations-Gruppen.

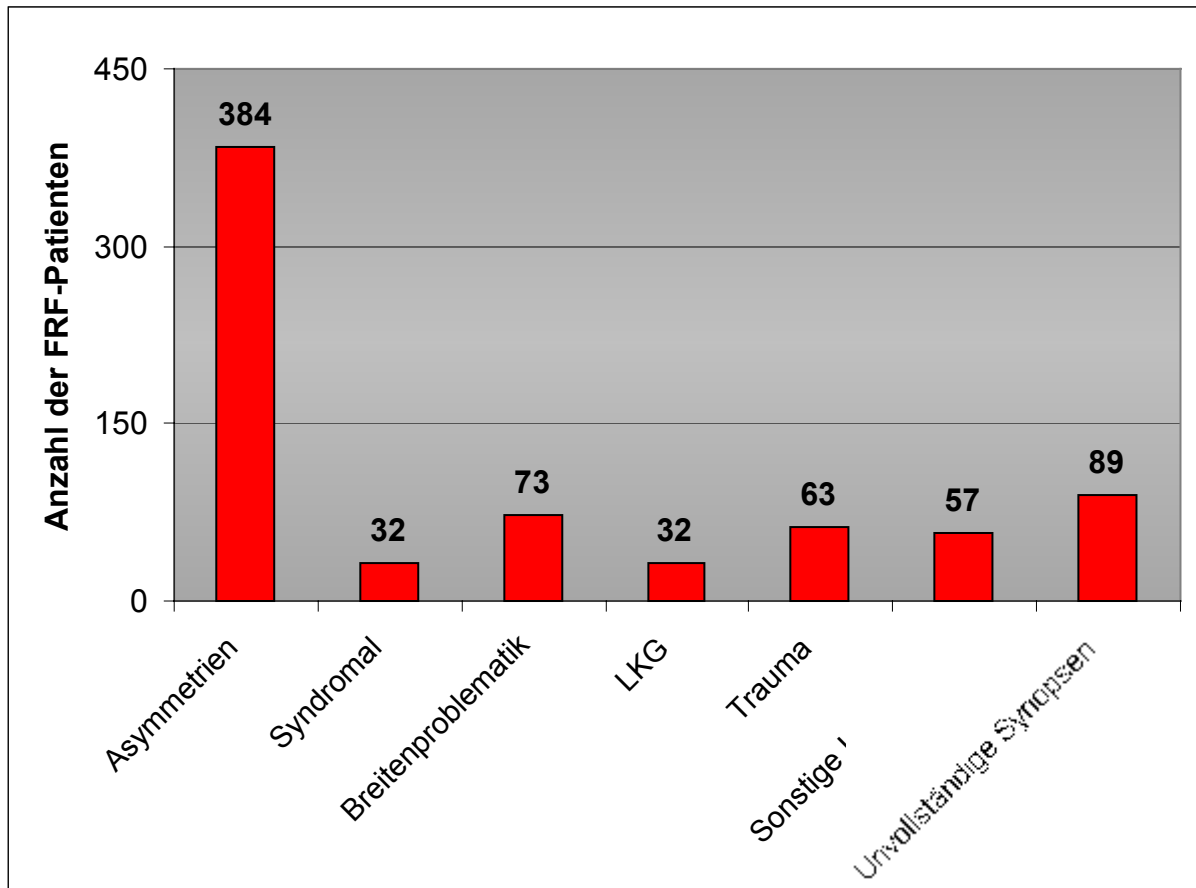


Abb.4.20 Indikation zur FRF bei 730 Patienten im Gesamt-Zeitraum 1993 – 2001

Auffällig ist die Gruppe der Patienten mit Asymmetrien ohne syndromaler Grundlage. Diese stellt den mit erheblichem Abstand grössten Anteil der FRF-Indikation in dieser Studie dar. Die aus den Werten der Abb.4.20 gewonnenen Ergebnisse spiegeln sich in den relativen Anteilen der FRF-Indikationen in Tab.4.3 wieder.

FRF-Indikation	n=730	FRF %
Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage		52,6%
Asymmetrien syndromaler Grundlage		4,4%
Transversale Maxilläre Unter- oder Überentwicklung		10,0%
Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten		4,4%
Kiefer- und Gesichts-Traumatologie		8,6%
Sonstige Indikationen zur FRF		7,8%
Fehlende Patientenunterlagen		12,2%

Tab.4.2 Relative Verteilung der 730 FRF-Patienten in den 7 Indikations-Gruppen



#### 4.1.5.1 Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage

Die Gruppe der Patienten mit einer Asymmetrie ohne Grundlage einer syndromalen Manifestation stellt mit über 50% an der FRF-Indikation die grösste Patienten-Anzahl dar. Um diese Patienten-Gruppe genauer untersuchen zu können, ist eine weitere Unterteilung sinnvoll. Ausgehend von Asymmetrien in der transversalen Ebene erfolgte eine Klassifizierung in wiederum vier Kategorien:

- Asymmetrisch Mandibuläre Pro- und / oder Retrognathie
- Unilaterale Mandibuläre Hypertrophie
- Unilaterale Kondyläre Hypertrophie
- Funktionelle Mandibuläre Asymmetrie

Jedoch nicht nur die vermeintlichen Patienten mit isolierten Asymmetrien in der Transversalen zählten zu dieser Hauptgruppe der FRF-Indikation, sondern vielmehr Kombinationsformen mit den häufigeren sagittalen Abweichungen des Unterkiefers, beispielsweise die mandibuläre Pro- oder Retrognathie. Sassouni [83] und Dausch-Neumann [20] fordern daher auch standardmässig die Ergänzung der FRF zur Verifizierung der Diagnose bei Patienten mit mandibulärer Pro- und / oder Retrognathie, da oftmals ein zusätzliches Schwenken des Unterkiefers zur Seite beobachtet werden kann und diese Deviation im FRS alleine nicht ausreichend dargestellt wird. Es wurde deshalb zusätzlich eine fünfte Kategorie definiert:

- Sonstige nicht-syndromale Asymmetrien

Unter dieser Gruppe fielen jene kieferorthopädischen Patienten, welche keinerlei Asymmetrien in der transversalen Ebene aufwiesen, aber zur Verifizierung bei ausgeprägten sagittalen Asymmetrien, zusätzlich zur lateralen eine frontale Fernröntgenaufnahme zur Ausschlussdiagnostik angefertigt wurde.

Die Tab.4.4 zeigt sowohl die absoluten, als auch die relativen Ergebnisse der 384 Patienten mit Asymmetrien ohne syndromaler Grundlage in den fünf Unter-Gruppen.

<b>Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage n=384</b>	<b>FRF absolut</b>	<b>FRF %</b>
Asymmetrisch Mandibuläre Pro- / Retrognathie	109	28,4%
Unilaterale Mandibuläre Hypertrophie	31	8,1%
Unilaterale Kondyläre Hypertrophie	25	6,5%
Funktionelle Mandibuläre Asymmetrie	3	0,8%
Sonstige nicht-syndromale Asymmetrien	216	56,2%

Tab.4.3 Asymmetrien nicht syndromaler Grundlage in absoluten und relativen Zahlen

#### 4.1.5.2 Asymmetrien syndromaler Grundlage

Syndrom-Patienten weisen oftmals komplexe und ausgeprägte Asymmetrien im Bereich der cranio-facialen Strukturen auf. Leiber et Olbrich [60] beschreiben in "Die klinischen Syndrome" eine Vielzahl an unterschiedlichen phänotypischen Ausprägungen der einzelnen Symptomenkomplexe. Um cranio-faciale Asymmetrien bei Syndrom-Patienten in der transversalen Ebene zu diagnostizieren, ist die Indikation zur Anfertigung einer frontalen Fernröntgenaufnahme naheliegend. Die Gruppe der Patienten mit Asymmetrien syndromaler Grundlage stellt mit einem relativen Anteil von lediglich 4,4% eher einen kleinen Indikations-Bereich dar. Dieser Wert korreliert allerdings in Anbetracht der Häufigkeiten der verschiedenen Syndrome in der Bevölkerung mit den Ergebnissen in dieser Studie. Charakteristisch für diese Indikations-Gruppe ist das einmalige Vorkommen eines jeweiligen Syndromes, wie in 43,6% der Fälle. Auffallend ist deshalb der grosse Anteil von über 30% an Patienten mit Hemifazialer Mikrosomie. Die Tab.4.5 zeigt die Anzahl der einzelnen 32 Syndrom-Patienten.

Asymmetrien syndromaler Grundlage	n=32	FRF absolut	FRF %
Hemifaziale Mikrosomie		10	31,3%
Morbus Crouzon		3	9,4%
Apert-Syndrom		3	9,4%
Franceschetti-Syndrom		2	6,3%
Sonstige Syndrome		14	43,6%

Tab.4.4 Asymmetrien syndromaler Grundlage in absoluten und relativen Zahlen

Neben der Hemifazialen Mikrosomie kommen vor allem Syndrome mit einer vorzeitigen Verknöcherung der Suturen vor, in diesem Fall bei der Dysostosis Craniofacialis Crouzon und dem Apert-Syndrom. Diese Syndrome zählen zu dem Krankheitsbild der prämaternen Kraniosynostosen und stellen zusammen immerhin einen relativen Anteil von über 18% der insgesamt 32 Syndrom-Patienten dar.

Die Abb.4.21 stellt in einer Jahresauswertung die absoluten Anzahl der Patienten mit Asymmetrien auf Grund syndromaler Basis dar. Die auffallend grosse Präsenz der Patienten mit Hemifazialer Mikrosomie wird durch die getrennte Darstellung zu den sonstigen Syndromen verdeutlicht.

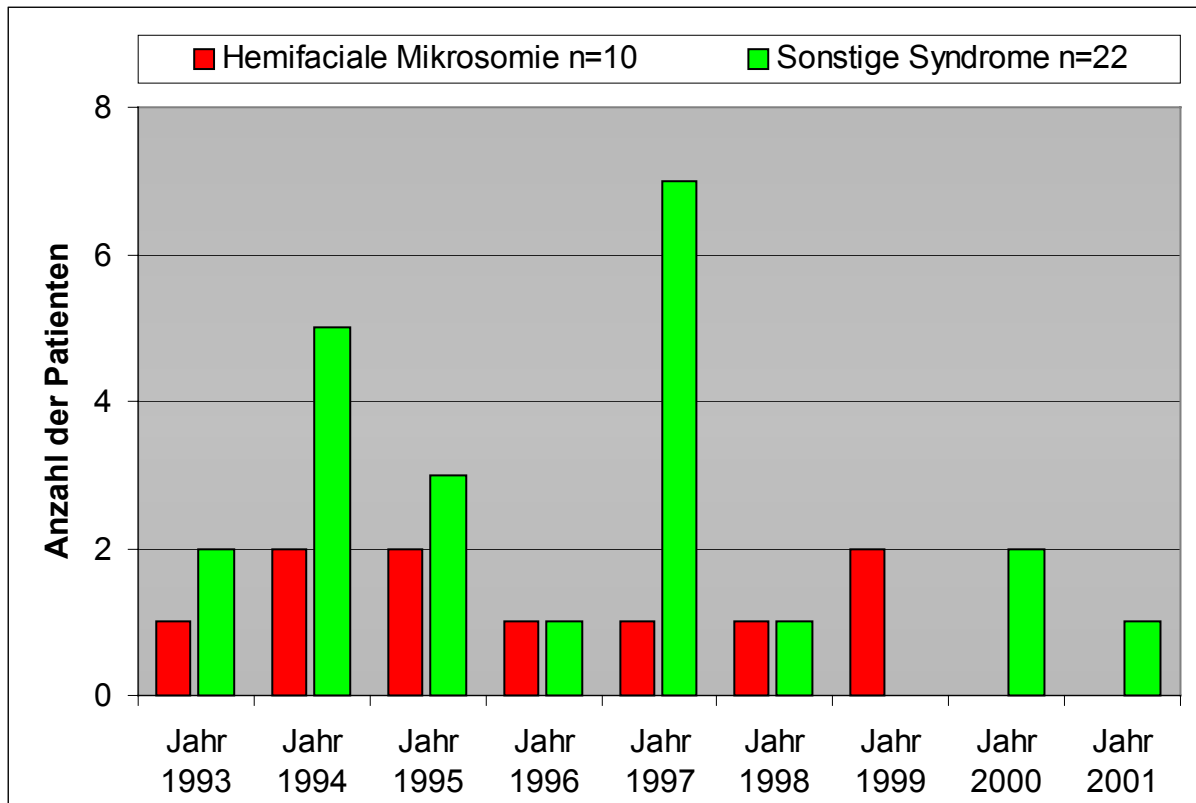


Abb.4.21 Asymmetrien syndromaler Grundlage in den Jahrgängen 1993 – 2001

#### 4.1.5.3 Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung

Die Gruppe der Maxilla-Breitenproblematik ist noch einmal in zwei Kategorien aufgesplittet. Ferner wird zwischen einer transversalen Über- und Unterentwicklung des Oberkiefers in der transversalen Ebene differenziert. Insgesamt stellt diese Indikations-Gruppe zur Fernröntgenfrontalaufnahme mit einer absoluten Anzahl von 73 Patienten die zweit-stärkste Kategorie. Patienten mit einer transversalen Unterentwicklung sind mit 56% nur geringfügig häufiger vertreten, als diejenigen mit einer Überentwicklung bei 44%. Aber nicht nur im Rahmen der Diagnostik spielt die frontale Fernröntgenaufnahme eine wichtige Rolle, sondern vielmehr auch bei der Kontrolle des Therapie-Verlaufs bei der forcierten Gaumennahterweiterung (GNE). Die folgende Jahresauswertung in Abb.4.22 zeigt die Indikations-Gruppe der Patienten mit transversaler Maxilla-Breiten-Problematik getrennt für die Über- bzw. Unterentwicklung des Oberkiefers.

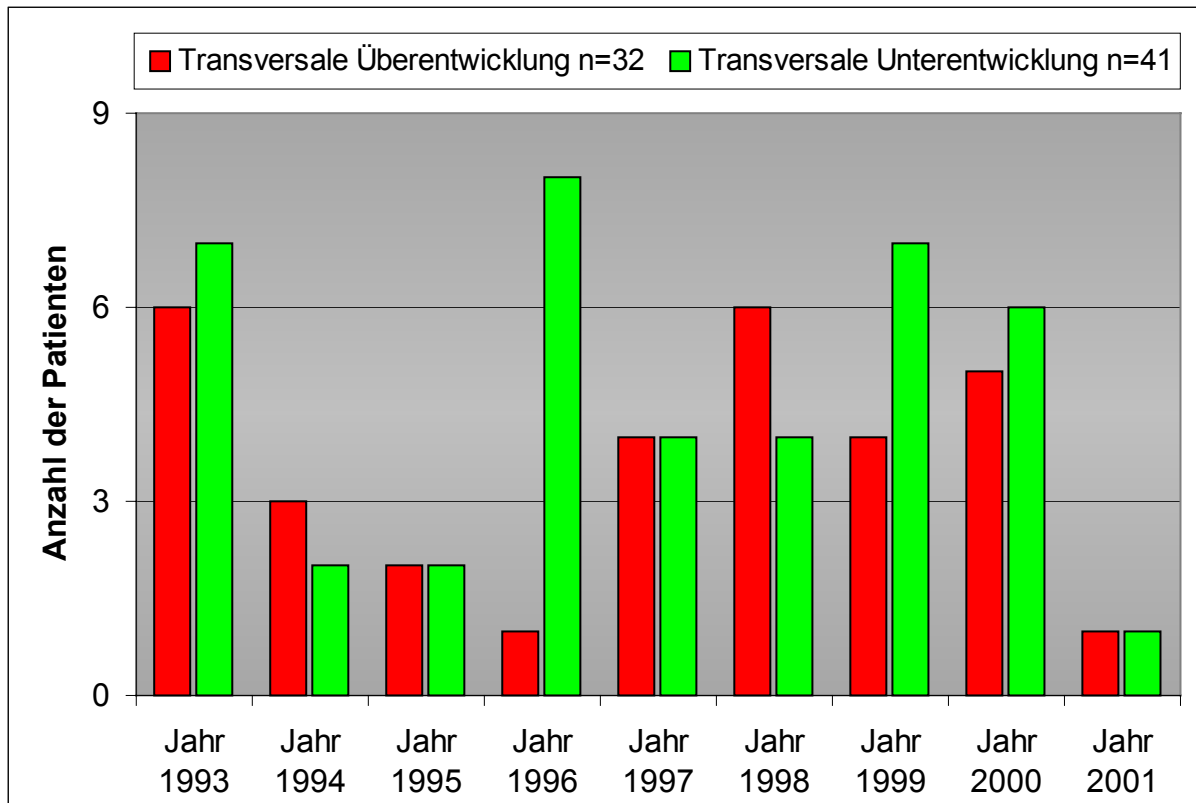


Abb.4.22 Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung in den Jahrgängen 1993 – 2001

#### 4.1.5.4 Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Sämtliche ein- oder beidseitige, partielle bzw. totale LKG-Patienten werden in der Kategorie Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten zusammengefasst. Insgesamt entspricht die Anzahl der 32 LKG-Patienten einem prozentualen Anteil von 4,4% der FRF-Gesamt-Patienten. Die Abb.4.23 stellt die Indikation LKG in den einzelnen Jahrgängen dar.

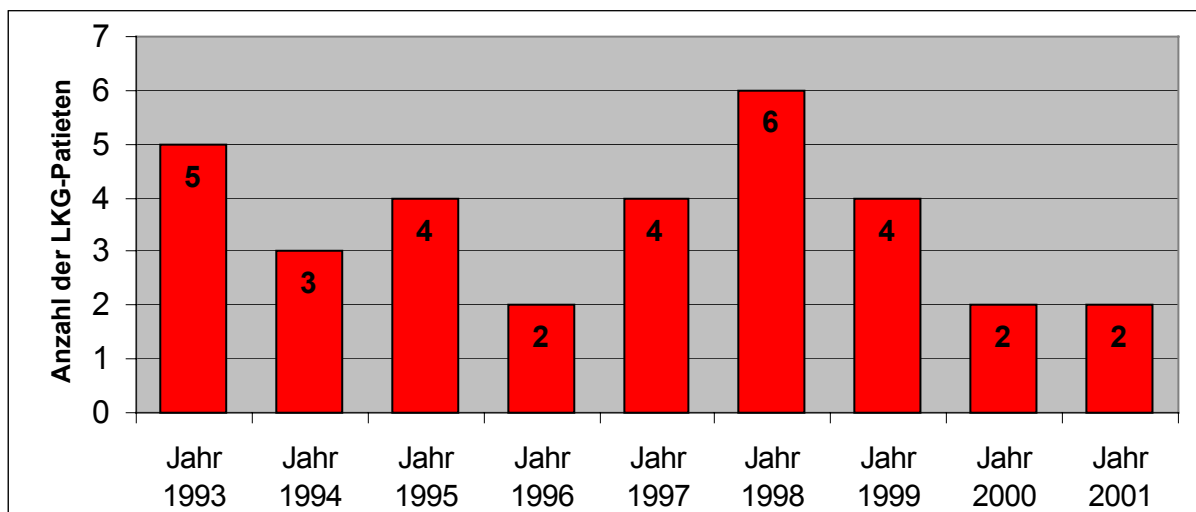


Abb.4.23 LKG-Patienten in den Jahrgängen 1993 – 2001

#### 4.1.5.5 Kiefer- und Gesichts-Traumatologie

Die Indikations-Gruppe Traumatologie setzt sich aus allen denkbaren Frakturen der cranio-facialen Strukturen zusammen: Politrauma, zentrale und laterale Mittelgesichtsfrakturen mit bzw. ohne Orbitabodenbeteiligung, Frakturen des Unterkiefer-Corpus, Alveolarfortsatz- und Collumfrakturen, sowie Zustand nach Schädel-Hirn-Trauma. Insgesamt 63 Patienten bilden die Indikations-Gruppe Kiefer- und Gesichts-Traumatologie. Dies entspricht einem relativen Anteil von 8,6% und stellt die dritt-stärkste Patienten-Gruppe. Die Verteilung der Trauma-Patienten in den einzelnen Jahrgängen zeigt die Abb.4.24.

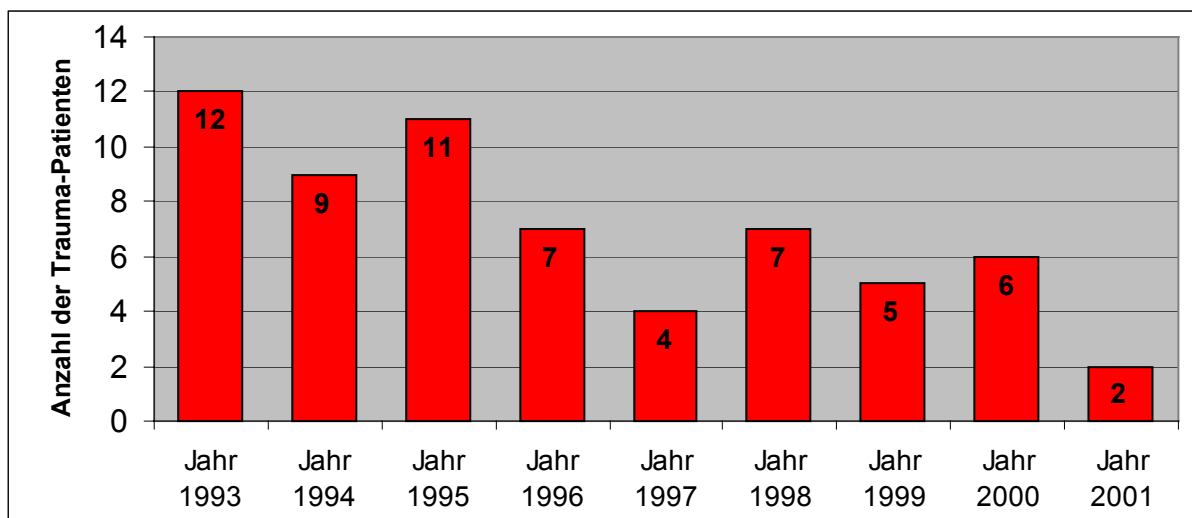


Abb.4.24 Trauma-Patienten in den Jahrgängen 1993 – 2001

#### 4.1.5.6 Sonstige Indikationen zur FRF

Unter dem weiten Feld der sonstigen Indikationen zur FRF fallen alle bislang nicht genannten Krankheitsbilder. Darunter sind vornehmlich chirurgische Indikationen zur frontalen Fernröntgenaufnahme zu finden; wie insbesondere der Verdacht bzw. die Diagnose auf dysplastische Veränderungen im cranio-facialen System, aber auch kaufunktionelle Indikationen im Rahmen von Myo-Arthropathien, sowie die kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Therapie bei der Genioplastik. Desweiteren sind aber ebenso Einzelfälle wie Schrotschussverletzungen in dieser Indikations-Kategorie integriert. Die anschliessende Tab.4.6 schildert eine detaillierte Übersicht der Gruppe der sonstigen Indikationen zur frontalen Fernröntgenaufnahme.

Sonstige Indikationen zur FRF	n=57	FRF absolut	FRF %
Dysplastische Veränderungen		18	31,6%
Genioplastik		14	24,5%
Myo-Arthropathien		7	12,3%
Zysten und Mukozelen		5	8,8%
Osteomyelitis		4	7,0%
Nasenseptum-Deviation		4	7,0%
Sonstige Indikationen		5	8,8%

Tab.4.5 Sonstige Indikationen zur FRF in absoluten und relativen Zahlen

#### 4.1.5.7 Unvollständige Patienten-Unterlagen

Im Rahmen von bürokratischen Vorgängen waren bei 89 FRF-Patienten die Kranken-Unterlagen zum Zeitpunkt der Auswertung nicht aufzufinden. Dies entspricht einem relativen Anteil von 12,2%. Anhand der Abb.4.25 ist ein jährlicher Zuwachs der fehlenden Synopsen der FRF-Patienten zu erkennen. Auf Grund der noch nicht abgeschlossenen Behandlungen in den häufig verschiedenen interdisziplinären Polikliniken ist eine Rückverfolgung der Krankengeschichten nicht immer möglich. Erst nach endgültigem Behandlungs-Abschluss in allen Fachdisziplinen werden die Synopsen im zentralen Archiv der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Münster abgelegt. Dies erklärt die relativ geringen Anzahlen der fehlenden Patienten-Unterlagen in den Anfangsjahren der Studie.

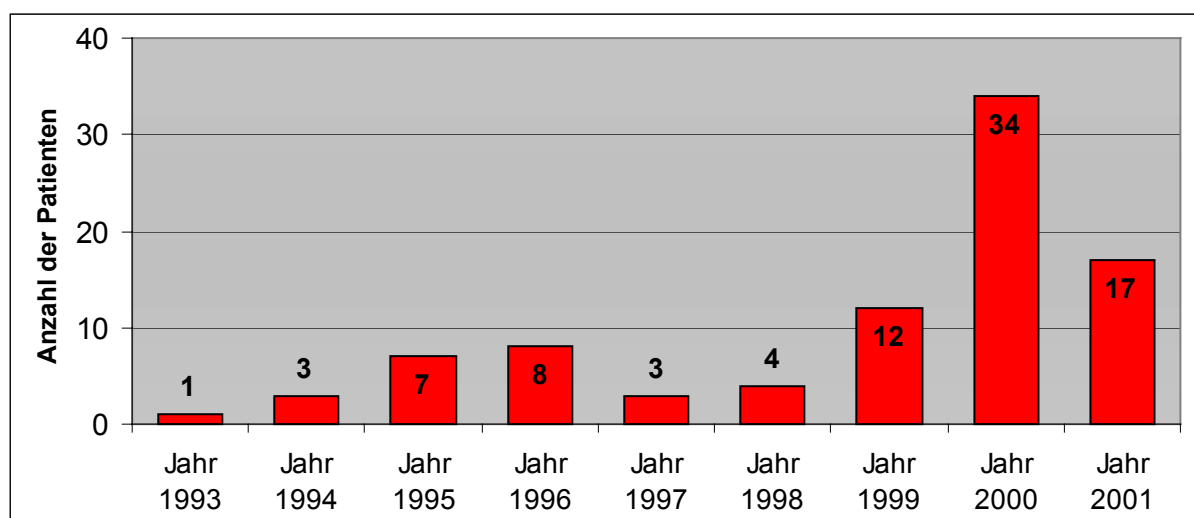


Abb.4.25 Unvollständige Patienten-Unterlagen in den Jahrgängen 1993 – 2001

## 4.2 FRF-Patienten mit Hemifazialer Mikrosomie

Das Syndrom des ersten und zweiten Kiemenbogensegmentes tritt nach Lauritzen et al. [58] mit einer Häufigkeit von 1:3500 bei Neugeborenen auf. Murray et al. [68] zählen die Hemifaziale Mikrosomie zu der zweit-häufigsten syndromalen Erkrankung im cranio-facialen System nach der Gruppe der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Aus den ersten und zweiten Kiemenbogensegmenten entstehen die massgeblich an Form und Funktion beteiligten Organe des cranio-facialen Systems [96]. Ferner sind die verschiedensten Ausprägungsgrade der skelettalen Veränderungen des Unterkiefers vom Ausmass der zu Grunde liegenden fehlentwickelten Strukturen abhängig [60]. Die von Kaban et al. [48] modifizierte Drei-Typen-Klassifikation der Hemifazialen Mikrosomie nach Pruzansky [76] erlaubt eine einfache und rasche Unterteilung der mandibulären Hypo- bzw. kondylären Aplasien in der radiologischen Diagnostik.

### 4.2.1 Statistische Analyse der FRF-Patienten mit Hemifazialer Mikrosomie

Von den insgesamt 730 FRF-Patienten in dieser Studie weisen zehn das Krankheitsbild der Hemifazialen Mikrosomie auf. Dies entspricht einem relativen Anteil von 1,4% der Gesamt-FRF-Patienten. Sechs der HM-Patienten sind weiblich und vier männlich.

Bei diesen zehn HM-Patienten wurden im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 in Summe 73 verschiedene Röntgenaufnahmen angefertigt. Die Tab.4.7 zeigt eine Übersicht der absoluten Anzahl der angewiesenen Röntgenaufnahme-Typen.

Röntgenaufnahme-Typen der HM-Patienten	n=73	absolute Anzahl
Frontale Fernröntgenaufnahme		17
Laterale Fernröntgenaufnahme		23
Orthopantomogramm		25
Hand-Röntgenaufnahme		1
Zahn-Film		2
Unterkiefer nach Clementschitsch		5

Tab.4.6 Röntgenaufnahme-Typen der 10 HM-Patienten in absoluten Zahlen

Anhand der Ergebnisse aus Tab.4.7 lässt sich das mittlere Verhältnis von der pro HM-Patient angewiesenen Anzahl des jeweiligen Röntgenaufnahme-Typus direkt errechnen; es wird dabei der Quotient von den Röntgenaufnahmen zu der absoluten Anzahl der Patienten dieser Aufnahme ermittelt. Die Tab.4.8 zeigt eine vergleichende Gegenüberstellung der Mittelwerte für die pro HM-Patient bzw. Gesamt-Patient angefertigten frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen, sowie für das Orthopantomogramm (in Anlehnung an die Ergebnisse in Abb.4.10, Kapitel 4.1.2).

	<b>Aufnahmen / HM-Patient</b>	<b>Aufnahmen / Gesamt-Patient</b>
<b>FRF</b>	1,7	1,4
<b>FRS</b>	2,3	1,4
<b>OPG</b>	2,5	1,3

Tab.4.7 Gegenüberstellung der Mittelwerte für die Aufnahmen pro HM-Patient bzw. Gesamt-Patient

Die errechneten Durchschnitts-Werte sind bei allen drei aufgelisteten Röntgen-Typen im Vergleich zu den Ergebnissen bei den Gesamt-Patienten deutlich erhöht. Insbesondere das OPG stellt einen nahezu 100% Zuwachs der Aufnahmen pro HM-Patient dar. Im Gegensatz zu den kieferorthopädischen Standard-Patienten ist demzufolge eine erhöhte Anzahl an jeglichen Röntgenaufnahmen für die Diagnostik und Therapie bei Patienten mit Hemifazialen Mikrosomie indiziert.

Desweiteren lassen sich für die HM-Patienten die mittleren zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Röntgenaufnahmen erfassen. Während eine frontale Fernröntgenaufnahme durchschnittlich alle 1,8 Jahre angefertigt wurde, war das laterale Pendant immerhin alle 1,7 Jahre und ein OPG alle 1,6 Jahre bei den HM-Patienten indiziert.

Das mittlere Alter der HM-Patienten zum Zeitpunkt der ersten FRF von 1993 bis 2001 beträgt 20,8 Jahre. Der HM-Patient ist demzufolge durchschnittlich nahezu vier Jahre jünger als der Gesamt-FRF-Patient zum Zeitpunkt der ersten Fernröntgenfrontalaufnahme.



#### 4.2.2 Case-Report Hemifaziale Mikrosomie

Der männliche Patient weist alle charakteristischen Merkmale der Hemifazialen Mikrosomie auf. Die unilaterale Unterkiefer-Hypoplasie rechts ist mit einer hochgradigen Ohrmuscheldysplasie Mikrotie II und Gehörgangsatresie verbunden (Abb.4.26). Die Strukturen des rechten Innenohres sind jedoch angelegt. Desweiteren liegt eine Schalleitungsstörung links bei Mucotympanon mit starker



Einschränkung des Hörvermögens vor. Ferner ist eine inkomplette Facialis-Parese rechts mit ausgeprägter Mundmotorikstörung festzustellen. Es besteht eine körperliche und sprachliche Entwicklungsverzögerung bei universeller Dyslalie.

Abb.4.26 Extraoraler Befund von caudal: Mandibuläre Deviation nach rechts

Inspektorisch zeigt der intraorale Befund ein mittelkräftiges Rachenmandelpolster bei hohem Gaumen und Uvula bifida. Es liegt eine submuköse Velumspalte bei Rhinophonia aperta vor. Sowohl klinisch, als auch röntgenologisch sind multiple Zahnfehlstellungen zu erkennen (Abb.4.27). Es liegen keine numerischen und morphologischen Anomalien der Zähne vor.

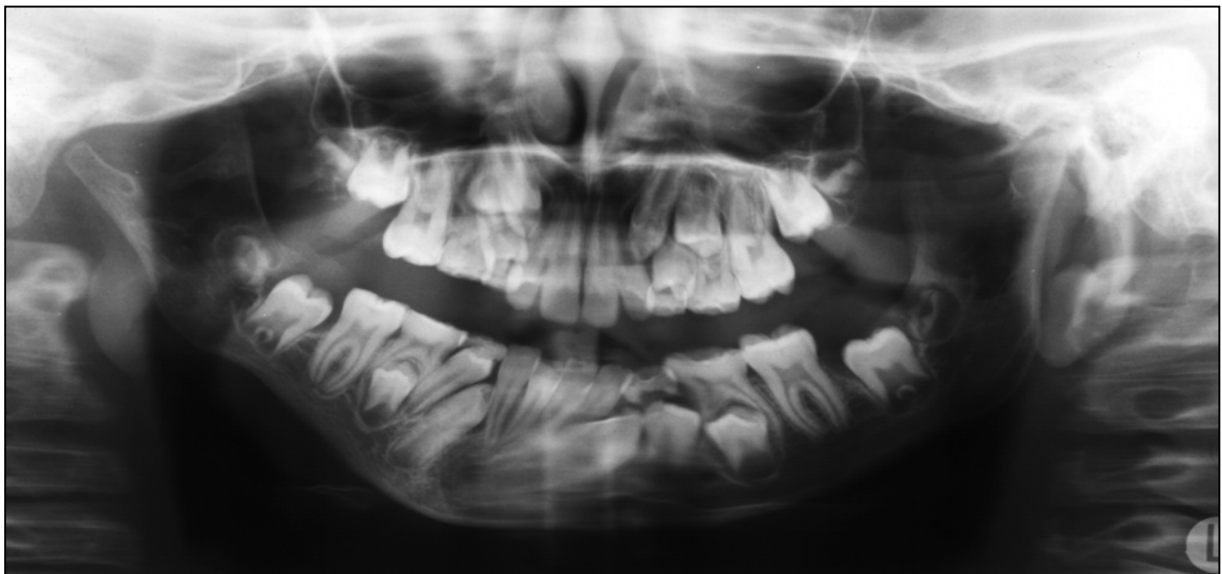


Abb.4.27 OPG vor subperiostaler Distraction: Es liegen keine numerischen Anomalien der Zähne vor

Im Alter von 6,1 Jahren erfolgte in ITN eine Velumpharynxplastik und Parazentese links mit Paukenröhrcheneinlage. Die post-operative Tonschwellenaudiometrie zeigt eine Schalleitungsschwerhörigkeit links bei 25 dB; rechts besteht ein Schalleitungsblock von 70 dB. Zur Verbesserung der Sprachlautbildung bei bestehender Rhinophonia aperta wurde eine begleitende logopädische Betreuung veranlasst und jährliche Audiogramme erstellt.

Mit 15,2 Jahren wurde in ITN der hypoplastische Unterkiefer rechts kortikotomiert und subperiostal ein Distraktor eingesetzt. Es erfolgte zunächst eine 1-wöchige Ruhephase. Die anschließende Distraction wurde am 8. post-operativen Tag begonnen und in einem Rhythmus von 2 x 0,5 mm täglich durchgeführt. Die Entnahme der Distraktorapparatur wurde nach 8 Wochen Tragedauer vorgenommen.

Die Abb.4.28 zeigt einerseits den trans-buccalen Zugang von extraoral für die Distraktionsapparatur, als auch die dysplastische Veränderung der rechten Ohrmuschel im Detail, und stellt zum anderen die post-operative Situation von intraoral mit der aus dem Mund herausgeleiteten Kardanwelle dar.

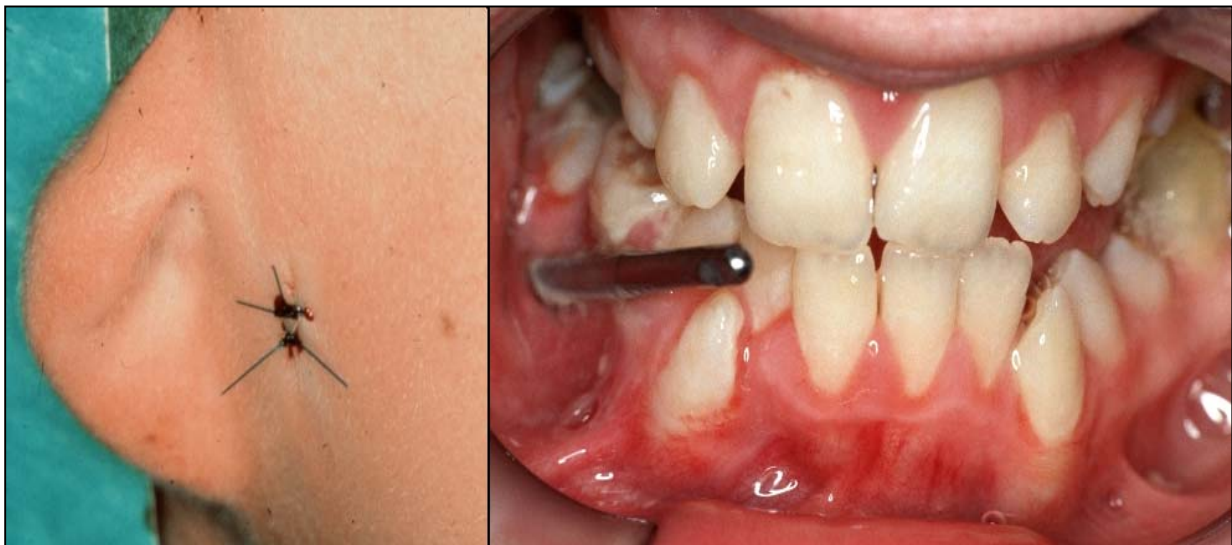


Abb.4.28 Extraorale Schnittführung trans-buccal und Distraktionsapparatur in situ

Anhand der Analysen von den frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen erfolgte eine korrespondierende röntgenologische Untersuchung des HM-Patienten. Die Fernröntgenaufnahmen wurden im Radiologischen Institut der ZMK Münster jeweils am gleichen Tag zunächst sowohl vor, als auch schliesslich nach erfolgter Distractionstherapie des rechten Unterkieferastes erstellt. Die FRF wurde mittels der XV-Regionen-Analyse nach Ehmer [24] und die zu Grunde liegende Auswertung der FRS mit der XX-Punkte-Kombinations-Analyse nach Ehmer [1] ausgewertet.

Ferner wurden folgende Korrelationen frontaler und lateraler Analyse-Punkte für die korrespondierende röntgenologische Untersuchung definiert:

FRS	FRF
<b>S I</b> Facial Axis	<b>F I</b> Gesichtsbreite
<b>S II</b> Facial Depth	<b>F IV</b> Mandibulabreite
<b>S V</b> Relative mand. Länge	<b>F IV</b> Mandibulabreite
<b>S VI</b> Maxillaposition	<b>F III</b> Maxillabreite
<b>S VIII</b> Relative max. Länge	<b>F III</b> Maxillabreite
<b>S IX</b> Lower Facial Height	<b>F I</b> Gesichtsbreite
<b>S XV</b> Upper Incisor Inclination	<b>F III</b> Maxillabreite

Tab.4.8 Definition der Korrelationen frontaler und lateraler Analyse-Punkte

Die prä-operativen Auswertungen der frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen sind in Abb.4.29 dargestellt. Der männliche HM-Patient ist zum Zeitpunkt der Aufnahmen 15,2 Jahre alt. Die rein visuelle Betrachtung der FRF-Analyse vor der operativen Distractionsgenese zeigt die cranio-facialen Asymmetrien in der transversalen Ebene. Der hypoplastisch verkürzte Unterkieferast rechts ist deutlich anhand des Vergleichs von der Gesichtsbreite (Azr - Azl) zur weitestgehend symmetrischen Z-Ebene (Zr - Zl) zu erkennen. Ferner resultieren daraus eine fehlende Übereinstimmung der Kinnmitte zur Gesichtsmitte und eine konsekutiv schiefe Okklusionsebene. Die FRS-Analyse hingegen lässt bereits visuell u.a. anhand des N-Winkels ein ausgeprägtes vertikales Wachstumsmuster erkennen.

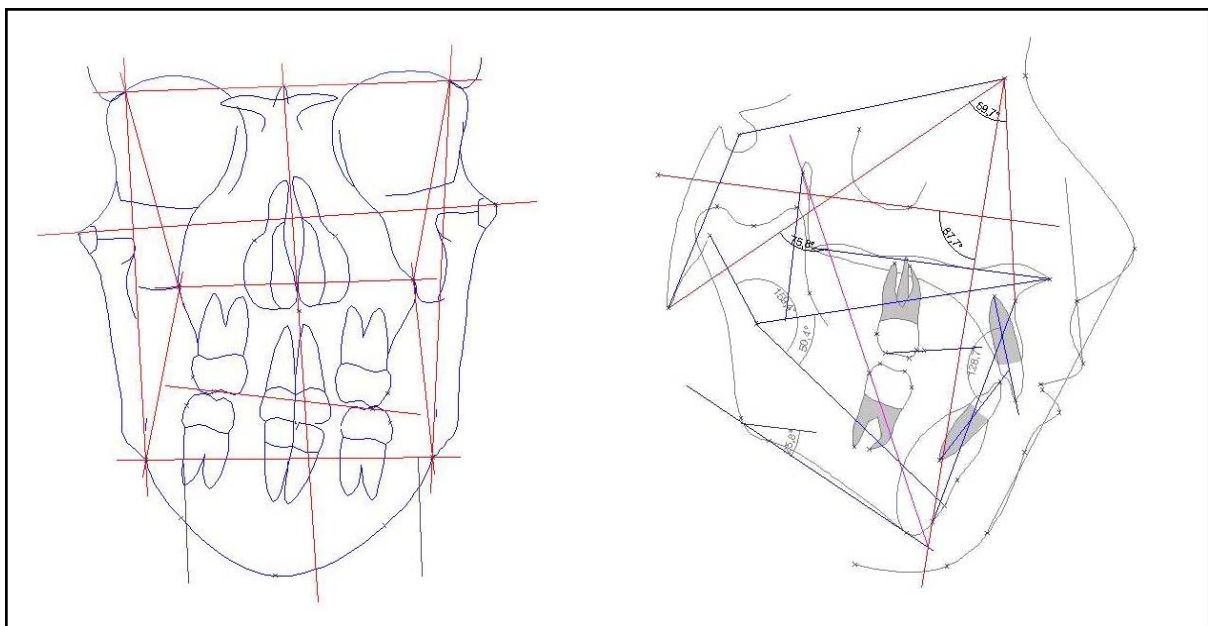


Abb.4.29 Prä-operative Analysen der frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen

Die Ergebnisse der visuellen Diagnostik der prä-operativen Fernröntgenaufnahmen werden durch die metrischen Analyse-Daten im Vergleich mit den tendenziellen Abweichungen von der altersabhängigen Norm bestätigt (Tab.4.9).

FRS		FRF	
S I Facial Axis	75,8° -14,2°	F I Gesichtsbreite	104,9 mm -26,1 mm
S II Facial Depth	87,7° -2,3°	F IV Mandibulabreite	71,9 mm -13,2 mm
S V Rel. mand. Länge	89,8 mm -41,2 mm	F IV Mandibulabreite	71,9 mm -13,2 mm
S VI Maxillaposition	59,7° -4,3°	F III Maxillabreite	58,8 mm -6,0 mm
S VIII Rel. max. Länge	75,3 mm -19,7 mm	F III Maxillabreite	58,8 mm -6,0 mm
S IX Lo. Facial Height	50,4° +5,4°	F I Gesichtsbreite	104,9 mm -26,1 mm
S XV Up. Inc. Inclination	34,9° +6,9°	F III Maxillabreite	58,8 mm -6,0 mm

Tab.4.9 Korrelationen frontaler und lateraler Analyse-Punkte der prä-operativen Aufnahmen

Das stark ausgeprägte vertikale Wachstumsmuster (Facial Axis 75,8° und Lower Facial Height 50,4°) korreliert mit einer extrem schmalen Gesichtsbreite von lediglich 104,9 mm. Sowohl Mandibula, als auch Maxilla sind ebenfalls deutlich verkürzt und verschmälert. Wohl auf Grund des verringerten Platzangebotes im Oberkiefer ist eine Proklination der oberen Incisivi zu diagnostizieren. Durch die unilaterale mandibuläre Hypoplasie rechts kommt es zwangsläufig zu einer sekundären Beeinträchtigung des Oberkieferwachstums, so dass eine schiefe Okklusionsebene entsteht.

Die post-operativen Analysen der frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen stellt die folgende Abb.4.30 dar.

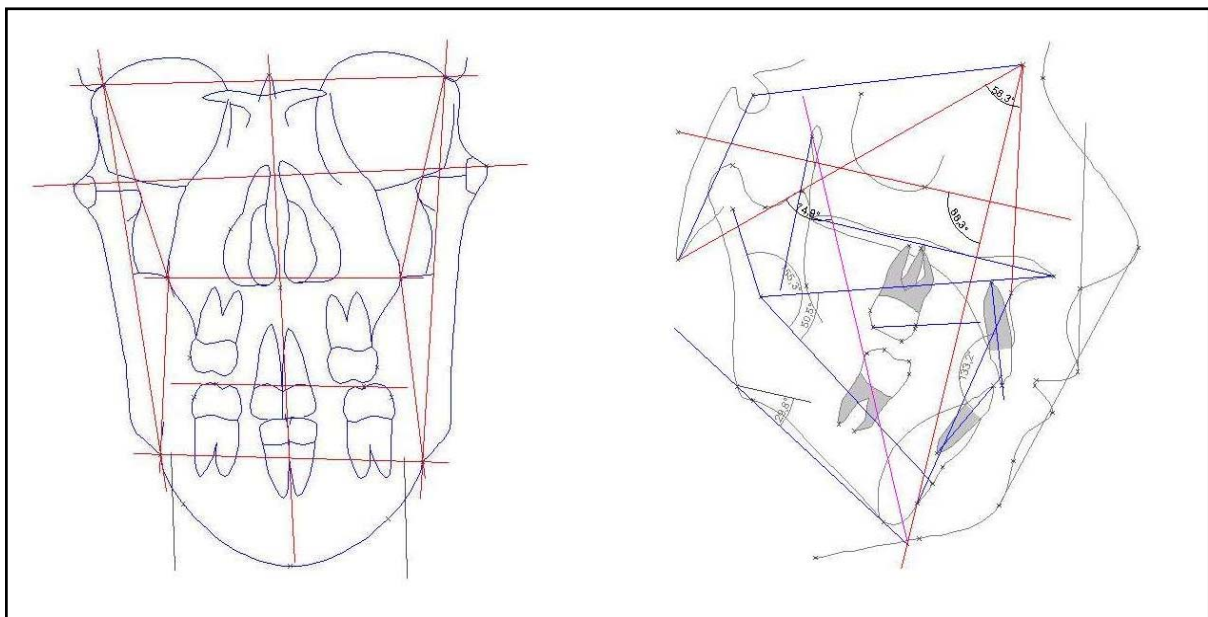


Abb.4.30 Post-operative Analysen der frontalen und lateralen Fernröntgenaufnahmen



Die beiden Fernröntgenaufnahmen wurden unmittelbar nach der 8-wöchigen Tragedauer der Distraktorapparatur angefertigt und ausgewertet. Die FRF-Analyse nach erfolgter Distraktionsgenese des rechten Unterkieferastes spiegelt wesentlich harmonischere und symmetrischere cranio-faciale Beziehungen, als noch zuvor in der prä-operativen Aufnahme (Abb.4.29), wieder. Der direkte Vergleich von der Gesichtsbreite (Azr - Azl) zur Z-Ebene (Zr - Zl) in der post-operativen Aufnahme weist eine deutliche Reduktion des Asymmetrie-Grades auf. Darüber hinaus ist nun eine weitestgehende Übereinstimmung von der Kinnmitte zur Gesichtsmittle durch die chirurgische Therapie realisiert und ebenfalls der Grad der Okklusionsebene nivelliert worden. In der FRS-Analyse ist die für die Hemifaziale Mikrosomie pathognomonische Einziehung des Unterkieferkörpers vor dem Kieferwinkel, welche als "antegonial notch" bezeichnet wird, genauso wie das ausgeprägte vertikale Wachsmuster des Patienten zu erkennen.

Die metrischen Analyse-Ergebnisse der post-operativen Fernröntgenaufnahmen werden mit den tendenziellen Abweichungen von der altersabhängigen Norm verglichen (Tab.4.10).

FRS		FRF	
S I Facial Axis	75,9° -14,1°	F I Gesichtsbreite	109,8 mm -21,2 mm
S II Facial Depth	88,3° -1,7°	F IV Mandibulabreite	75,6 mm -9,5 mm
S V Rel. mand. Länge	96,7 mm -34,3 mm	F IV Mandibulabreite	75,6 mm -9,5 mm
S VI Maxillaposition	60,1° -3,9°	F III Maxillabreite	60,1 mm -4,7 mm
S VIII Rel. max. Länge	76,5 mm -18,5 mm	F III Maxillabreite	60,1 mm -4,7 mm
S IX Lo. Facial Height	50,5° +5,5°	F I Gesichtsbreite	109,8 mm -21,2 mm
S XV Up. Inc. Inclination	33,1° +5,1°	F III Maxillabreite	60,1 mm -4,7 mm

Tab.4.10 Korrelationen frontaler und lateraler Analyse-Punkte der post-operativen Aufnahmen

Die Korrelationen der post-operativen Analyse-Punkte zeigen eine Annäherung an die altersabhängigen und geschlechtsspezifischen Normwerte gegenüber den Ergebnissen der prä-operativen Auswertungen. Der Wachstumstyp ist noch stark vertikal ausgeprägt, jedoch ist eine Verlängerung und Verbreiterung der Mandibula, sowie die Zunahme der Gesichtsbreite festzustellen. Der post-operative Gesamteindruck nach erfolgter Distraktionsgenese des hypoplastischen Unterkieferastes rechts bei Hemifazialer Mikrosomie lässt bei dem Patienten sowohl klinisch, als auch röntgenologisch eine Reduktion der cranio-facialen Asymmetrien erkennen.

## **5 DISKUSSION**

### **5.1 Diskussion der Häufigkeitsverteilung**

Die Ergebnisse der Häufigkeitsverteilung der Röntgenaufnahmen am Universitätsklinikum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Münster im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 heben das Orthopantomogramm und die Fernröntgenseitenaufnahme als die mit Abstand am Häufigsten verwendeten Aufnahme-Typen in dieser Studie hervor. Während einer kieferorthopädischen Behandlungssequenz wird zum Zeitpunkt der Diagnose, der Kontrolle(n) des Therapie-Erfolges und zur Abschluss-Dokumentation das Orthopantomogramm in Kombination mit der lateralen Fernröntgenaufnahme einschliessender Analyse herangezogen [23, 50]. Für die Standard-Fall-Betrachtung werden diese Röntgenaufnahmen auch als der sogenannte "Gold-Standard" bezeichnet [53]. Im Gesamt-Zeitraum wurden im Mittel bezüglich eines der insgesamt 9283 Patienten 1,18 Panoramaschichtaufnahmen und 0,82 Fernröntgenseitenaufnahmen angefertigt. Das Orthopantomogramm und die laterale Aufnahme des Schädels verzeichnen jeweils einen stetig-kontinuierlich jährlichen Zuwachs. Die Fernröntgenfrontalaufnahme, intraorale Zahnfilme, Handaufnahmen, sowie Panorama-Aufnahmen der Maxilla und Mandibula sind zusätzliche röntgenologische Hilfsmittel in der kieferorthopädischen Praxis [23].

### **5.2 Diskussion der Indikationen und der Relation in der kieferorthopädischen Diagnostik**

Bei einer Anzahl von 730 Patienten wurden insgesamt 1011 Fernröntgenaufnahmen in der Norma frontalis im ausgewiesenen Studien-Zeitraum angefertigt. Dies entspricht einem relativen Anteil von 5% an den Gesamt-Röntgenaufnahmen. Die Ergebnisse der statistischen Auswertung zeigen einen Zuwachs der Fernröntgenfrontalaufnahmen sowohl in absoluten Zahlen, als auch in der Relation zu den Gesamt-Fernröntgenaufnahmen.

Das Durchschnittsalter der FRF-Patienten beträgt 24,7 Jahre mit einer Standardabweichung von 11,8 Jahren. Im Gegensatz zur Fernröntgenseitenaufnahme handelt es sich bei über 83% der untersuchten FRF-Patienten um bereits erwachsene Personen. Die Altersverteilung der FRF-Patienten ist folglich eng mit der kombiniert kieferorthopädisch-chirurgischen Therapie nach erfolgtem Wachstumsabschluss verbunden, wie sie insbesondere auf Grund der interdisziplinären Strukturen der universitären Zahnklinik in Münster gewährleistet ist. Der relative Anteil der im frontalen Röntgenbild untersuchten Milchgebisse entspricht hingegen mit 2,6% nahezu exakt den Ergebnissen der seitlichen Fernröntgenaufnahme. Im Rahmen der Frühdiagnostik bei Syndrom-Patienten wird grösstenteils ein komplettes radiologisches Profil von lateraler und frontaler Fernröntgenaufnahme erstellt, da cranio-faciale Deformationen in der sagittalen und transversalen Ebene zu erwarten sind. Die Altersverteilung zum Zeitpunkt des Wechselgebisses zeigt jedoch erhebliche Differenzen zur Fernröntgenseitenaufnahme auf. Über 50% der Fernröntgenseitenbilder fallen in diesen Altersbereich bei lediglich 14% der frontalen Fernröntgenaufnahmen. Anhand dieser Ergebnisse in der Altersverteilung wird wiederum die standardmässige Verwendung der Fernröntgenseitenaufnahme im Rahmen der röntgenologischen Untersuchung des kieferorthopädischen Patienten im Wechselgebiss deutlich.

Zusammenfassend betrachtet ist die frontale Fernröntgenaufnahme folglich eher zur erweiterten und speziellen Datenbasis zu zählen und in dieser Studie bei Patienten in der frühen Milchgebiss-Phase und wiederum nach erfolgtem Wachstumsabschluss gehäuft angewiesen worden. Auf Grund der Funktion einer universitären Zahnklinik als überregionales zahnmedizinisches Zentrum mit den bestehenden interdisziplinären Verflechtungen, ist das Patientengut nicht mit dem einer kieferorthopädischen Facharzt-Praxis zu vergleichen. Insbesondere die schwerpunktmässige Behandlung von Syndrom-Patienten in der Poliklinik für Kieferorthopädie in Münster spiegelt eindrucksvoll den hohen Anteil an Fernröntgenfrontalaufnahmen bei Patienten bis zum fünften Lebensjahr wieder.

In der Literatur wird ein breites Spektrum an Indikationen zur frontalen Fernröntgenaufnahme dokumentiert und die unterschiedlichsten analytischen Verfahren in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung beschrieben [14, 20, 24, 30, 42, 95, 100]. Lässt man die zum Teil sehr speziellen Studien-Designs bestimmter Autoren einmal ausser acht, sind die definierten Indikations-Gruppen in dieser Studie

zur Fernröntgenfrontalaufnahme in enger Anlehnung an die Angaben in der Literatur zu sehen. Die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis stellt nach Mulick [67] ein aussagekräftiges diagnostisches Hilfsmittel für cranio-faciale und transversale Asymmetrien dar. Die Indikation zur Fernröntgenfrontalaufnahme ist in der Regel nicht nur durch den Kieferorthopäden allein gestellt, sondern vielmehr interdisziplinären Fragestellungen unterworfen [78]. Überschneidungen ergeben sich insbesondere in dem immer grösser werdenden Bereich der chirurgischen Kieferorthopädie. Auf der Grundlage der interdisziplinären Zusammenarbeit von Kieferorthopädie mit der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in der Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten oder Patienten mit einer Manifestation eines cranio-facialen Symptomenkomplexes ist eine eindeutige Trennung der FRF-Indikation nicht immer möglich [5, 32, 43]. Insbesondere auf Grund der Strukturen der Universitäts-Zahnklinik Münster ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Chirurgie und Kieferorthopädie erleichtert und gewährleistet somit ein exakt aufeinander abgestimmtes Behandlungs-Konzept. In erster Linie ist aber die Planung der Behandlungs-Abläufe auf der Basis der Analysen der röntgenologischen Untersuchungen immer noch dem Kieferorthopäden vorbehalten [53].

Die Gruppe der Patienten mit Asymmetrien ohne syndromaler Grundlage stellt den mit über 50% grössten Anteil der Indikation zur Fernröntgenfrontalaufnahme in dieser Studie dar. Jedoch nicht nur die vermeintlichen Patienten mit isolierten Asymmetrien in der transversalen Ebene zählen zu dieser Hauptgruppe der FRF-Indikation, sondern vielmehr Kombinationsformen mit den häufigeren sagittalen Abweichungen des Unterkiefers. Diese Ergebnisse der Studie aus dem Bereich der Indikations-Gruppe Asymmetrien nicht-syndromaler Manifestation stehen in enger Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur. Sassouni [83] und Dausch-Neumann [20] fordern daher auch standardmässig die Ergänzung der frontalen Fernröntgenaufnahme zur Verifizierung der Diagnose bei Patienten mit mandibulärer Pro- und / oder Retrognathie. Die Ergebnisse dieser Studie stimmen mit der von Sassouni [83] und Dausch-Neumann [20] erwünschten sagittal-frontalen Kombination über ein, da schliesslich bei mehr als 85% der FRF-Patienten ebenfalls eine laterale Fernröntgenaufnahme angefertigt worden ist. Allerdings ist in den letzten beiden untersuchten Jahren in dieser Studie eine abnehmende Tendenz der radiologischen Kombination der Fernröntgenaufnahme abzusehen. Vielmehr wird zur Reduktion der Strahlenbelastung des kieferorthopädischen Patienten entweder die laterale oder die



frontale Fernröntgenaufnahme angewiesen. Das Ausmass des Schweregrades der Dysgnathie in der sagittalen respektive der transversalen Ebene bestimmt dabei den Aufnahme-Typ. Weitere Indikationen zur Fernröntgenfrontalaufnahme sind die unilaterale kondyläre und mandibuläre Hyper- bzw. Hypoplasie [12, 15, 37]. Syndrom-Patienten weisen oftmals sehr komplexe Asymmetrien im Bereich der cranio-facialen Strukturen auf [5, 32, 60]. Die diagnostischen Standard-Untersuchungsdaten sind bei Patienten mit ausgeprägten Asymmetrien syndromaler Grundlage um die frontale Fernröntgenaufnahme zu erweitern. In der Literatur sind die Patienten mit bereits skelettal manifestierten Asymmetrien als die Indikation schlechthin für die Fernröntgenfrontalaufnahme anzusehen [5, 8, 16, 68]. Die Angaben in der Literatur bezüglich der Indikation zur Fernröntgenfrontalaufnahme bei Syndrom-Patienten sind verglichen mit den Ergebnissen dieser Studie identisch. Insbesondere das syndromale Krankheitsbild der Hemifazialen Mikrosomie ist anhand der Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis weitestgehend in der Literatur dokumentiert worden [32, 49, 58, 68, 76]. Ebenfalls Patienten mit ein- oder beidseitigen, partiellen bzw. totalen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten zählen zu dem Haupt-Indikations-Spektrum der frontalen Fernröntgenaufnahme. Sowohl die Angaben in der Literatur [8, 44, 46], als auch die eigenen Ergebnisse zur Untersuchung der Fernröntgenfrontalaufnahme sind übereinstimmend in dem Indikations-Bereich der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Ein besonderer Schwerpunkt der Poliklinik für Kieferorthopädie in Münster als zahnmedizinisches Zentrum ist die interdisziplinäre Behandlung von Syndrom-Patienten. Bereits im Säuglingsalter beginnt als Frühbehandlung die kieferorthopädische Prophylaxe und Therapie. Dies erklärt wiederum den erhöhten Anteil an Fernröntgenfrontalaufnahmen bei Patienten in der frühen Phase des Milchgebisses bis zum fünften Lebensjahr, da für die Diagnostik dieser komplexen chirurgisch-kieferorthopädischen Fälle über einen länger andauernden Zeitraum der Therapie folglich eine grössere Anzahl an Röntgenaufnahmen pro Patient notwendig sind, wie es die Ergebnisse in dieser Studie aufzeigen. Desweiteren stellen transversale Untersuchungen bei Patienten mit Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung eine weitere Indikations-Gruppe zur Fernröntgenfrontalaufnahme dar [13, 36]. Die Fernröntgenfrontalaufnahme ist sowohl im Rahmen der prä-operativen Diagnostik, als auch zur Kontrolle bei der chirurgischen Gaumennahtsprengung indiziert [41]. Nach Hauenstein [34] muss radiologisch die abgeschlossene Wurzelbildung der zentralen Oberkiefer Incisivi in

der frontalen Fernröntgenaufnahme vor der Gaumennahterweiterung nachgewiesen sein. Die Schädelaufnahme im occipito-frontalen Strahlengang wird auch ohne metrische Analyse zur Diagnostik von pathologischen Dysplasien und im Rahmen der Kiefer- und Gesichts-Traumatologie jeglicher Lokalisation im Bereich des Viscerocraniums und der Schädel-Kalotte herangezogen [77]. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen jedoch einen deutlichen Rückgang der frontalen Fernröntgenaufnahme bei dysplastischen Veränderungen in der Kopf-Hals-Region. Neuere diagnostische Verfahren wie die Computer-Tomographie haben die frontale Schädelaufnahme in diesem Indikations-Gebiet nahezu verdrängt [98].

Schlussfolgernd kann festgestellt werden, dass die in dieser Studie definierten Gruppen zur Indikation der Fernröntgenfrontalaufnahme in der Poliklinik für Kieferorthopädie erfüllt sind und sich weitestgehend mit den Angaben in der internationalen Literatur decken. Herauszuheben ist hierbei die Sonderstellung der Universitäts-Zahnklinik Münster als zahnmedizinisches Zentrum mit einem überregionalen Patientengut, gegenüber der kieferorthopädischen Facharzt-Praxis. Desweiteren ist auf Grund der universitären Infrastruktur insbesondere die interdisziplinäre eng aufeinander abgestimmte Therapie von Syndrom-Patienten gewährleistet. Diese übergreifenden Behandlungsmassnahmen beginnen bereits im Säuglingsalter mit der kieferorthopädischen Frühdiagnostik und begleiten die Patienten meist während der gesamten Wachstumsphase.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie setzt sich aus einer Literaturübersicht zur Fernröntgenfrontalaufnahme und einer statistischen Auswertung der kieferorthopädischen Patienten an der Zahnklinik der Westfälischen-Wilhelms-Universität Münster im Zeitraum von Januar 1993 bis Mai 2001 zusammen.

Orthopantomogramme und Fernröntgenseitenaufnahmen sind die mit Abstand am häufigsten verwendeten Aufnahme-Typen in dieser Studie. Sie stellen das Standard-Hilfsmittel der kieferorthopädischen Diagnose und der Kontrolle des Therapieverlaufs dar. Für die Standard-Fall-Betrachtung werden diese Röntgenaufnahmen als der sogenannte "Gold-Standard" betrachtet. Die Fernröntgenfrontalaufnahme, Handröntgenaufnahmen, intraorale Zahnfilme, sowie Panorama-Aufnahmen der Mandibula und der Maxilla sind zusätzliche röntgenologische Hilfsmittel in der Kieferorthopädie.

In der Literatur wird ein breites Spektrum an Indikationen zur Fernröntgenfrontalaufnahme dokumentiert und die unterschiedlichsten analytischen Verfahren in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung beschrieben. Die Fernröntgenfrontalaufnahme stellt ein aussagekräftiges diagnostisches Hilfsmittel für cranio-faciale und transversale Asymmetrien in der kieferorthopädischen Praxis dar. Weitere Indikationen der frontalen Fernröntgenaufnahme sind die unilaterale kondyläre und mandibuläre Hyper- bzw. Hypoplasie, sowie Störungen der Maxilla-Breiten-Entwicklung, der grosse Komplex der cranio-facialen Syndrome, beispielsweise die Hemifaziale Mikrosomie, aber auch Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten.

Insgesamt wurden 20715 Röntgenaufnahmen von 9283 Patienten im angewiesenen Zeitraum statistisch analysiert. Die Fernröntgenfrontalaufnahme zeigt in Relation zu ihrem lateralen Pendant einen jährlich wachsenden Zuwachs an der Anzahl der Gesamt-Fernröntgenaufnahmen. Das ermittelte Durchschnittsalter des FRF-Patienten liegt bei 24,7 Jahren und somit deutlich nach erfolgtem Wachstumsabschluss. Die Gruppe der Patienten mit einer Asymmetrie ohne Grundlage einer syndromalen Manifestation stellt mit über 50% an der FRF-Indikation die grösste Patienten-Anzahl in dieser Studie dar.

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

1. <http://medweb.uni-muenster.de/institute/zmk/einrichtungen/kfo>
2. **Adams R:**  
Case History of Mary Keefe  
Medical Section of the British Association 1836
3. **Angle EH:**  
Classification of malocclusion  
Dental Cosmos 41 (1899), 248
4. **Arnold J:**  
Probleme bei der Herstellung von Fernröntgenaufnahmen des Schädels in der  
Norma frontalis unter besonderer Berücksichtigung des Fernröntgenwinkelge-  
rätes  
Med Diss, München 1982
5. **Arvystas MG, Antonellis P, Justin AF:**  
Progressive facial asymmetry as a result of early closure of the left coronal  
suture  
Am J Orthod 87 (1985), 240 – 246
6. **Athanasiou AE, Droschl H, Bosch C:**  
Data and patterns of transverse dentofacial structure of 6- to 15-year-old  
children: a postero-anterior cephalometric study  
Am J Orthod Dentofac Orthop 5 (1992), 465 – 471
7. **Athanasiou AE, Droschl H, Bosch C:**  
Orthodontic cephalometry  
Mos-by-Wolfe, London - Philadelphia - St. Louis - Sydney - Tokyo 1995
8. **Athanasiou AE, Tseng CY, Zarrinna K, Mazaheri M:**  
Frontal cephalometric study of transverse dentofacial growth in children with  
bilateral cleft of lip, alveolus and plate  
J Cranio-Max-Fac Surg 18 (1990), 49 – 54

9. **Bimler HP:**  
Bedeutung des Fernröntgenbildes  
Fortschr Kieferorthop 20 (1959), 256 – 273
10. **Broadbent BH Sr, Broadbent BH Jr, Golden WH:**  
Bolton standards of dentofacial developmental growth  
The C.V. Mosby Company, St. Louis 1975
11. **Broadbent BH:**  
A new x-ray technique and its application to orthodontia  
Angle Orthod 1 (1931), 45 – 66
12. **Bruce RA, Hayward JR:**  
Condylar hyperplasia and mandibular asymmetry  
J Oral Surg 26 (1968), 281 – 290
13. **Cameron CG, Franchi L, Bacchetti T, McNamara JA:**  
Long term effects of rapid maxillary expansion: a posteroanterior cephalometric evaluation  
Am J Orthod Dentofac Orthop 121 (2002), 129 – 135
14. **Chebib FS, Chamma AM:**  
Indices of craniofacial asymmetry  
Angle Orthod 51 (1981), 214 – 226
15. **Chen YR, Blendor-Samuel RL, Huang CS:**  
Hemimandibular hyperplasia  
Plast Reconstr Surg 97 (1996), 730 – 737
16. **Converse JM, Coccato PJ, Becker M, Wood-Smith D:**  
On hemifacial microsomia: the first and second branchial arch syndrome  
Plast Reconstr Surg 51 (1973), 268 – 279
17. **Converse JM, Horowitz M, Coccato PJ, Wood-Smith D:**  
The corrective treatment of the skeletal asymmetry in hemifacial microsomia  
Plast Reconstr Surg 52 (1973), 221 – 231

18. **Dahan J:**  
Diagnostische Fehler in der metrischen Auswertung der Röntgenaufnahmen  
Dtsch zahnärztl Z 29 (1974), 331 – 340
19. **Dahan J:**  
Die Diagnose der Gesichts- und Schädelasymmetrien:  
Ein kephalometrisches Problem  
Fortschr Kieferorthop 29 (1968), 289 – 333
20. **Dausch-Neumann D:**  
Die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis bei der Progenie  
Dtsch zahnärztl Z 15 (1960), 1522 – 1529
21. **Dausch-Neumann D:**  
Kieferkompression und Deckbiss im frontalen Fernröntgenbild  
Fortschr Kieferorthop 33 (1972), 11 – 19
22. **Ehmer U, Wegener A:**  
Zur Validität von Asymmetriegraden computergestützter Analysen der  
Fernröntgenfrontalaufnahme  
Fortschr Kieferorthop 54 (1993), 134 – 142
23. **Ehmer U:**  
Klassifikation der Kieferorthopädischen Befunde  
In: PDZ 11/I Kieferorthopädie I: Orofaziale Entwicklung und Diagnostik  
4. Aufl., Urban & Fischer, München - Stuttgart - Jena - Lübeck - Ulm 2000,  
S. 108 – 120
24. **Ehmer U:**  
XV-Punkte Fernröntgenfrontalanalyse  
[http://medweb.uni-muenster.de/institute/zmk/einrichtungen/kfo/lehre/bildung/analysen/frf/f\\_index.html](http://medweb.uni-muenster.de/institute/zmk/einrichtungen/kfo/lehre/bildung/analysen/frf/f_index.html)
25. **EI-Mangoury NH, Shaheen SI, Mostafa YA:**  
Landmark identification in computerized postero-anterior cephalometrics  
Am J Orthod Dentofac Orthop 91 (1987), 57 – 61

26. **Ewen K, Lukoschek J:**  
Somatisches Strahlenrisiko bei dentalen Röntgenuntersuchungen  
Dtsch zahnärztl Z 39 (1984), 48 – 53
27. **Fischer-Brandies H:**  
Über die Orientierung des Schädels im Zephalostaten beim Fernröntgenbild  
im posterior-anterioren Strahlengang  
Prakt Kieferorthop 1 (1987), 159 – 164
28. **Grayson BH, Boral S, Eisig S, Kolber A, McCarthy JG:**  
Unilateral craniofacial microsomia. part I: mandibular analysis  
Am J Orthod 84 (1983), 225 – 230
29. **Grayson BH, McCarthy JG, Bookstein F:**  
Analysis of craniofacial asymmetry by multiplane cephalometry  
Am J Orthod 84 (1983), 217 – 224
30. **Grummons DC, Kappeneye MA:**  
A frontal asymmetry analysis  
J Clin Orthod 21 (1987), 450 – 465
31. **Haraguchi S, Taskada K, Yasuda Y:**  
Facial asymmetry in subjects with skeletal class III deformity  
Angle Orthod 72 (2002), 28 – 35
32. **Harvold EP, Vargervik K, Chierici G:**  
Treatment of hemifacial microsomia  
Alan R. Liss Inc., New York 1983
33. **Harzer W:**  
Lehrbuch der Kieferorthopädie  
Carl Hanser-Verlag, München 1999
34. **Hauenstein P:**  
Studien über die Gaumennahterweiterung mit Hilfe der Fernröntgenaufnahme  
in der Norma frontalis  
Fortschr Kieferorthop 41 (1980), 136 – 139

35. **Hausser E:**  
Die aufnahmetechnischen Bedingungen der Fernröntgenaufnahme  
Zahnärztl Welt 7 (1952), 442 – 447
36. **Herren P:**  
Bestimmung von Transversaldurchmessern der Zahnbögen aus der Breite des  
Ramus ascendens mandibulae in der Frontal-Fernröntgenaufnahme  
Fortschr Kieferorthop 36 (1975), 340 – 353
37. **Hirschfelder U, Hirschfelder H, Spitzer W:**  
Kondyläre Hyperplasie: Klinische und radiologische Befunde  
Dtsch zahnärztl Z 40 (1985), 315
38. **Hirschfelder U:**  
Ursachen und Diagnostik der Laterogenie  
Fortschr Kieferorthop 47 (1986), 304 – 316
39. **Hofrath H:**  
Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik  
der Kieferanomalien  
Fortschr Kieferorthop 1 (1931), 232 – 258
40. **Hsiao TH, Chang HP, Liu KM:**  
A method of magnification correction for postero-anterior radiographic  
cephalometry  
Angle Orthod 67 (1997), 137 – 142
41. **Huertas D, Ghafari J:**  
New posteroanterior cephalometric norms: a comparison with craniofacial  
measures of children treated with palatal expansion  
Angle Orthod 71 (2001), 285 – 292
42. **Hwang K, Dae-Kwang L, Choong-Jae L, Se L:**  
Pneumosinus dilatans multiplex, mental retardation and facial deformity  
J Cranio-Max-Fac Surg 11 (2000), 487 – 490
43. **Ishiguro K, Krogman WM, Mazaheri M, Harding RL:**  
A longitudinal study of morphological craniofacial patterns via p.-a. x-ray head-



- films in cleft patients from birth to six years of age  
Cleft Palate J 13 (1976), 104 – 126
44. **Jäger A, Gripp L, Lorch V:**  
Kieferorthopädische Befunde bei Patienten mit einseitiger Angle-Klasse II  
Fortschr Kieferorthop 54 (1993), 196 – 202
45. **Jain RB, Krogman WM:**  
Craniofacial growth in clefting from one month to ten years as studied by p-a  
headfilms  
Cleft Palate J 20 (1983), 314 – 326
46. **Janson GRP, Metaxas A, Woodside DG, de Freitas MR, Pinzan A:**  
Three-dimensional evaluation of skeletal and dental asymmetries in class II  
subdivision malocclusions  
Am J Orthod Dentofac Orthop 119 (2001), 406 – 418
47. **Jung T:**  
Die Strahlenbelastung des Patienten durch zahnärztliche Röntgenunter-  
suchungen  
Dtsch zahnärztl Z 15 (1960), 1530 – 1536
48. **Kaban LB, Mulliken JB, Murray JE:**  
Surgical correction of hemifacial microsomia in the growing child  
Plast Reconstr Surg 82 (1988), 9 – 19
49. **Kaban LB, Mulliken JB, Murray JE:**  
Three-dimensional approach to analysis and treatment of hemifacial  
microsomia  
Cleft Palate J 18 (1981), 90 – 99
50. **Kahl-Nieke B:**  
Einführung in die Kieferorthopädie  
Urban & Schwarzenberg, München - Wien - Baltimore 1995
51. **Kinast H:**  
Zur Aussagekraft der p.a. Fernröntgenaufnahme  
Fortschr Kieferorthop 35 (1974), 404 – 432

52. **Kirsch T:**  
Die Streustrahlung bei Fernröntgenaufnahmen  
Fortschr Kieferorthop 20 (1959), 300 – 305
53. **Klink-Heckmann U, Bredy E:**  
Studienbücher der Zahnheilkunde: Kieferorthopädie  
3. Aufl., Johann Ambrosius Barth, Leipzig - Heidelberg 1990
54. **Korkhaus G:**  
Die Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Praxis  
Fortschr Kieferorthop 20 (1959), 1 – 21
55. **Krieger H, Petzold W:**  
Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz. Bd 1: Grundlagen  
B.G. Teubner-Verlag, Stuttgart 1992
56. **Kulkarni J:**  
Die Fernröntgenaufnahme in der Norma frontalis  
Med Diss Bonn, 1958
57. **Langlade M:**  
Vorschlag zur frontalen Vorhersage des langfristigen Gesichtsschädel-  
wachstums  
IOK 28 (1996), 21 – 38
58. **Lauritzen C, Munro IR, Ross RB:**  
Classification and treatment of hemifacial microsomia  
Scand Plast Reconstr Surg 19 (1985), 33 – 39
59. **Legrell PE, Nyquist H, Isberg A:**  
Validity of identification of gonion and antegonion in frontal cephalograms  
Angle Orthod 70 (2000), 157 – 164
60. **Leiber B, Olbrich G:**  
Die klinischen Syndrome. Bd. 1: Krankheitsbilder  
7. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München - Wien - Baltimore 1990

61. **Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE:**  
Landmark identification error in posterior-anterior cephalometrics  
Angle Orthod 64 (1994), 447 – 454
62. **Manson-Hing LR:**  
Fundamentals of dental radiography  
Lea & Febiger, Philadelphia 1979
63. **Marchetti C, Cocchi R, Gentile L, Bianchi A:**  
Hemimandibular hyperplasia: treatment and strategies  
J Cranio-Max-Fac Surg 11 (2000), 46 – 53
64. **Margolis H:**  
Standardizing x-ray cephalometrics  
Am J Orthod Oral Surg 26 (1940), 725
65. **Miethke RR:**  
Zur Lokalisationsgenauigkeit kephalometrischer Referenzpunkte  
Prakt Kieferorthop 3 (1989), 107 – 122
66. **Mini RL:**  
Dosisbestimmungen in der medizinischen Röntgendiagnostik  
Huber Verlag, Kerzens 1991
67. **Mulick JF:**  
Clinical use of the frontal headfilm  
Angle Orthod 35 (1965), 299 – 304
68. **Murray J, Kaban LE, Mulliken JB:**  
Analysis and treatment of hemifacial microsomia  
Plast Reconstr Surg 74 (1984), 186
69. **Nawrath K:**  
Beitrag zur Herstellung von p.-a. Röntgenaufnahmen des Kopfes  
Fortschr Kieferorthop 24 (1963), 75 – 80

70. **Nawrath K:**  
Möglichkeiten und Grenzen der röntgenologischen Kephalmetrie  
Med Habilschrift, Mainz 1960
71. **Obwegeser HL, Makek MS:**  
Hemimandibular hyperplasia – hemimandibular elongation  
J Maxillofac Surg 14 (1986), 183 – 208
72. **Pasler FA:**  
Farbatlant der Zahnmedizin. Bd. 5: Radiologie  
Thieme Verlag, Stuttgart - New York 1991
73. **Pasler FA:**  
Zahnärztliche Radiologie  
3. Aufl., Thieme Verlag, Stuttgart - New York 1995
74. **Pirttiniemi P, Miettinen J, Kantomaa T:**  
Combined effects of errors in frontal-view asymmetry diagnosis  
Eur J Orthod 18 (1996), 629 – 636
75. **Poswillo D:**  
Experimental reconstruction of the temporomandibular joint  
Int J Oral Surg 3 (1974), 400 – 411
76. **Pruzansky S:**  
Classification of cranio-facial microsomia based upon the severity of  
mandibular involvement  
Birth Defects 73 (1969), 120 – 129
77. **Rahn R:**  
Zahnärztliche Radiologie  
Carl Hanser-Verlag, München - Wien 1989
78. **Rakosi T:**  
Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenanalyse  
Carl Hanser-Verlag, München - Wien 1997

79. **Richardson ME:**  
The reproducibility of measurements on depressed posterior-anterior cephalometric radiographs  
Angle Orthod 37 (1967), 48 – 51
80. **Ricketts RM:**  
Perspectives in the clinical application of cephalometrics: the first fifty years  
Angle Orthod 51 (1981), 115 – 150
81. **Rosenbusch G, Oudkerk M, Ammann E:**  
Radiologie in der medizinischen Diagnostik  
Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin 1994
82. **Rune B, Sarnäs KV, Selvik G, Jacobsson S:**  
Roentgen stereometry with the aid of metallic implants in hemifacial microsomia  
Am J Orthod 84 (1983), 231 – 247
83. **Sassouni V:**  
Archial analysis in three dimensions  
Am J Orthod 44 (1958), 433 – 463
84. **Schmid F, Filthuth I:**  
Grundlagen der radiologischen Schädelmetrik  
Monatsschr Kinderheilk 109 (1961), 293 – 302
85. **Schmuth GPF:**  
Die Problematik einer metrischen Auswertung von Röntgenaufnahmen in der Kieferorthopädie  
Dtsch zahnärztl Z 29 (1974) 327 – 330
86. **Schopf P:**  
Die Differenzierung der alveolär und mandibulär bedingten Abweichungen der Zahnbogenmitten  
Fortschr Kieferorthop 30 (1969), 230 – 236
87. **Schopf P:**  
Die frontale Röntgenaufnahme des Schädels und ihre Bedeutung für die

- Kieferorthopädische Diagnose und Prognose  
Med Diss, Mainz 1961
88. **Schwarz AM:**  
Die Bedeutung des Fernröntgenbildes für die Kieferorthopädische Praxis  
Fortschr Kieferorthop 20 (1959), 22 – 38
89. **Schwarz AM:**  
Die Röntgenostatik  
Urban & Schwarzenberg, Wien - Innsbruck 1958
90. **Simon PW:**  
Grundzüge einer systematischen Diagnostik der Gebissanomalien  
Hermann Meuser Verlag, Berlin 1952
91. **Skotnicky F:**  
Problem der Projektionsverzerrung bei Fernröntgenaufnahmen des Schädels  
Fortschr Kieferorthop 33 (1972), 277 – 303
92. **Sonnabend E:**  
Die Dosis bei Röntgenaufnahmen in der Kieferorthopädie und ihre Bedeutung  
für die Indikationsstellung  
Fortschr Kieferorthop 37 (1976), 69 – 73
93. **Stamm T:**  
Kieferorthopädie I & II  
Fachschaftsscript, Münster 1997
94. **Strübing W:**  
Geschichte der Zahnheilkunde  
Deutscher Ärzteverlag, 1989
95. **Svanholt P:**  
Assessment of midline discrepancy on the posterior-anterior radiograph  
Trans Eur Orthod Soc 25 (1977), 261 – 268
96. **Sze RW, Paladin AM, Lee S, Cunningham ML:**  
Hemifacial microsomia in pediatric patients: asymmetric abnormal

- development of the first and second branchial arches  
Am J Roentg 178 (2002), 1523 – 1530
97. **Thüer U, Kuster R, Ingervall B:**  
A comparison between anamnestic, rhinomanometric and radiological  
methods of diagnosing mouthbreathing  
Eur J Orthod 11 (1989), 161 – 168
98. **Troulis MJ, Everett P, Seldin EB, Kikinis R, Kaban LB:**  
Development of a three-dimensional treatment planning system based on  
computed tomographic data  
Int J Oral Maxillo-Fac Surg 31 (2002), 349 – 357
99. **Ueki K, Nakagawa K, Yamamoto E:**  
Temporomandibular joint morphology and disc position in skeletal class III  
patients  
J Cranio-Max-Fac Surg 28 (2000), 362 – 368
100. **Vig PS, Hewitt AB:**  
Asymmetry of the human facial skeleton  
Angle Orthod 45 (1975), 125 – 129
101. **Weidler A:**  
Zahnärztliche Röntgenologie Bd 1  
Klages-Verlag, Berlin 1997
102. **Welcker H:**  
Das Profil des menschlichen Schädels mit Röntgenstrahlen am Lebenden  
dargestellt  
Korrespondenz Blatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie 27 (1886),  
38 – 39
103. **Young-Jooh Y, Dong-Hoon K, Pil-Sik Y, Kwang-Won K:**  
Effect of head rotation on posteroanterior cephalometric radiographs  
Angle Orthod 72 (2002), 36 – 42

**104. Zimmer EA, Zimmer-Brossy M:**

Lehrbuch der röntgendiagnostischen Einstelltechnik

3. Aufl., Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1982



## 8 DANKSAGUNG

Frau Prof. Dr. med. dent. Ulrike Ehmer möchte ich für die vertrauensvolle Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Abfassung meiner Dissertation, sowie für die uneingeschränkte Benutzung der kieferorthopädischen Einrichtungen und Personal-Computer des Institutes auch ausserhalb der offiziellen Dienstzeiten danken.

Besonderer Dank gebührt auch Herrn Dr. med. dent. Carsten Lippold, der während der Untersuchung zur Studie der Fernröntgenfrontalaufnahme mir nicht nur stets mit Rat, sondern auch mit aktiver kieferorthopädischer Tat zur Seite stand und ich in ihn jederzeit einen kompetenten Ansprechpartner für fachliche Problem- und Fragestellungen gefunden habe.

Weiterhin Dank auch an alle Mitarbeiter der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Münster, insbesondere Frau Dr. med. dent. Nicola Kühne und Dr. med. dent. Gholamreza Danesh, für die freundliche Unterstützung bei der Beantwortung jeglicher Fragen, sowie den Medizinisch-Technischen-Angestellten der Röntgenologischen Abteilung, welche nahezu immer wieder noch fehlende Patienten-Unterlagen und Röntgenaufnahmen in den Weiten des Radiologischen Archivs der Zahnklinik geduldig und zuverlässig haben ausfindig machen können.

Nicht zuletzt möchte ich mich auch bei meiner Familie und ganz besonders bei meinen Eltern, denen ich diese Abhandlung zur Fernröntgenfrontalaufnahme widmen möchte, für die mentale Unterstützung und Betreuung, nicht nur während meines Zahnmedizin-Studiums, bedanken.

## 9 LEBENS LAUF

Name: Tim Alexander Joda

Geburtsdatum: 19. August 1977

Geburtsort: Herten (Westf.)

Familienstand: ledig

Staatsangehörigkeit: deutsch

Eltern: Rainer Joda, Einrichtungsleiter Diakonisches Werk Herten  
Erika Joda, geb. Wittstock

Schulbildung: 1984–1988 Grundschule am Wilhelmsplatz in Herten  
1988–1997 Gymnasium Petrinum zu Recklinghausen  
21.06.1997 Erlangen der allgemeinen Hochschulreife

Zivildienst: 1997 1998 Mobiler sozialer Hilfsdienst in der Diakoniestation in Recklinghausen

Hochschulausbildung: 09.09.1998 Immatrikulation an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster für den Studiengang der Zahnmedizin

16.08.1999 Naturwissenschaftliche Vorprüfung

03.04.2001 Zahnärztliche Vorprüfung

19.12.2003 Zahnärztliche Prüfung

23.12.2003 Approbation als Zahnarzt

02.01.2004 Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
UKM ZMK Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Münster, den 05. Januar 2004