

**Verwendung des Fernröntgenseitenbildes des Kopfes und
des Orthopantomogramms zur metrischen Analyse des
Schädels in der Kieferorthopädie.**

Eine vergleichende Studie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Majed Al Borney
aus Damaskus, Syrien

Giessen 1999

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung Kieferorthopädie
Leiter: Prof. Dr. H. Pancherz
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Dr. S. Ruf

Gutachter: Prof. Dr. Pancherz

Gutachter: Prof. Dr. Rau

Tag der Disputation: 23.November.1999

Meinen Eltern

| Inhaltsverzeichnis | | Seite |
|---------------------------|---|--------------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Das Fernröntgenseitenbild des Kopfes (FRS) | 1 |
| 1.1.1 | Metrische Analyse des FRS | 3 |
| 1.1.2 | Geometrische Abbildungsfehler beim FRS | 3 |
| 1.2 | Das Orthopantomogramm (OPG) | 5 |
| 1.2.1 | Metrische Analyse des OPG | 8 |
| 1.2.2 | Geometrische Abbildungsfehler beim OPG | 8 |
| 2 | Ziel der Studie | 9 |
| 3 | Material | 10 |
| 4 | Methode | 11 |
| 4.1 | Auswertung der FRS und OPG | 11 |
| 4.2 | Referenzpunkte | 12 |
| 4.3 | Referenzlinien | 17 |
| 4.4 | Metrische Analyse | 20 |
| 5 | Statistische Methoden | 34 |
| 6 | Methodenfehler | 35 |
| 7 | Ergebnisse | 37 |
| 7.1 | Die Kiefermorphologie im FRS und OPG | 37 |
| 7.2 | Zusammenhänge zwischen der Kiefermorphologie im FRS und OPG | 42 |
| 7.3 | Wachstums- und Behandlungsveränderungen im FRS und OPG | 55 |
| 7.4 | Zusammenhänge zwischen den im FRS und OPG gemessenen Wachstums- und Behandlungsveränderungen | 58 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 8 | Diskussion | 60 |
| 8.1 | Ergebnisse | 61 |
| 9 | Schlußfolgerung | 64 |
| 10 | Zusammenfassung | 65 |
| 11 | Summary (Zusammenfassung in Englisch) | 66 |
| 12 | Literaturverzeichnis | 67 |

1 Einleitung

Für die Planung einer kieferorthopädischen Behandlung sind das Fernröntgenseitenbild des Kopfes und das Orthopantomogramm die wichtigsten diagnostischen Hilfsmittel.

1.1 Das Fernröntgenseitenbild des Kopfes (FRS) (Abb.1)



Abb. 1: Darstellung eines Fernröntgenseitenbild des Kopfes (FRS)

Im Jahre 1922 haben Pacini und Carrera die ersten Röntgenaufnahmen des Schädels in der Norma lateralis erstellt. Eine genaue Methodik der Anfertigung und Auswertung der Bilder haben diese Autoren jedoch nicht angegeben.

Standardisierte Methoden für die Anfertigung von FRS mit Hilfe eines speziellen Stativs (Cephalostat) wurden erstmals 1931 von Hofrath und Broadbent entwickelt.¹² Der Kopf wird in dem Cephalostat immer in dieselbe Position zur Röntgenröhre und zur Filmebene plaziert, um wiederholt identische Aufnahmen herstellen und Wachstums- und Therapieveränderungen messen zu können.

Ein Gerät zur Erstellung des FRS besteht aus dem eigentlichen Röntgenapparat, dem Cephalostat und der Filmhalterung (Abb.2). Diese drei Teile sind fest miteinander verbunden, damit bei jeder Aufnahme definierte und reproduzierbare Verhältnisse herrschen. Der Cephalostat besteht aus zwei, in ihrem Abstand zueinander veränderlichen Streben, die an ihrem unteren Ende sog. Ohroliven haben. Mittels der Ohroliven wird der Kopf des Patienten soweit fixiert, daß er nur noch Nickbewegungen um eine Achse durch die Gehörgänge durchführen kann. Eine sorgfältige Einstellung des Kopfes ist die Voraussetzung für eine gute Fernröntgenaufnahme. Die Halterung für die Filmkassette ist nahe der Kopfhalterung so angebracht, daß die Filmebene exakt senkrecht zur Längsachse angeordnet ist (Abb.2). Die Pupillarlinie der Augen muß horizontal ausgerichtet sein, damit keine Doppelzeichnungen paarig angelegter Strukturen entstehen können. Alle Aufnahmen werden in Schlußbißstellung erstellt.

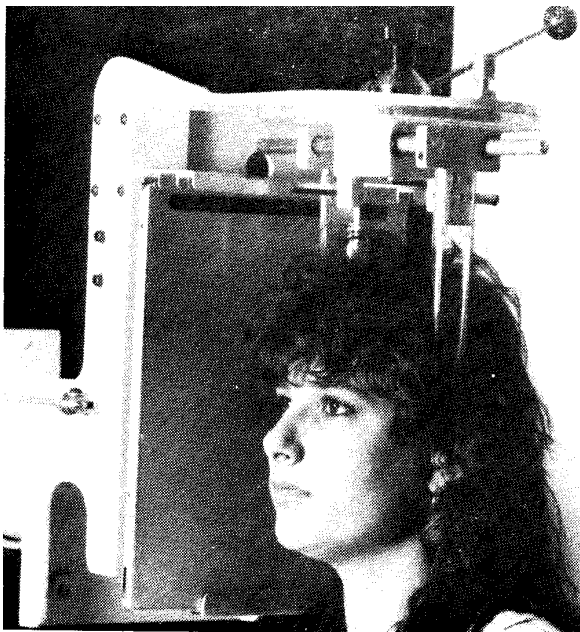


Abb. 2: Der Cephalostat mit Filmhalterung

1.1.1 Metrische Analyse des FRS

Die sagittale kephalometrische Analyse des FRS gibt dem Behandler Aufschluß über:

1. die Lagebeziehung der Kiefer (Maxilla und Mandibula) zur Schädelbasis und zueinander,
2. die Stellung der Zähne zu den Kieferbasen und zueinander,
3. die Differenzierung dentaler und skelettaler Anomalien,
4. die zu erwartenden wachstumsbedingten Veränderungen (Wachstumsprognose) und
5. die Beziehung der Weichteile zu Hartgeweben.

Alle kephalometrischen Analysen basieren auf angulären und / oder linearen Messungen, die als absolute Werte, als dimensionale oder proportionale Beziehungen bearbeitet werden.

1.1.2 Geometrische Abbildungsfehler bei dem FRS

Die wichtigsten Abbildungsfehler beim FRS sind:

1. Vergrößerung

Die an der Anode der Röntgenröhre entstehende Strahlung verläßt die Röntgenröhre radial, so daß die Strahlen, die die Randbereiche des Films erreichen, divergent sind. Einzig der Zentralstrahl, der von der Anode bis zum Film parallel zur Achse der Röntgenanlage verläuft, trifft den Kopf des Patienten und den Film senkrecht. Die Divergenz der Strahlen führt dazu, daß alle Partien des Kopfes, die nicht vom Zentralstrahl getroffen werden, auf dem Film gegenüber dem Original vergrößert erscheinen.

Der Vergrößerungsgrad verkleinert sich, je weiter der Röntgenstrahler vom Kopf des Patienten entfernt ist. Die Vergrößerung ergibt sich aus

$$V = \frac{d}{d-d_1}$$

wobei V der Vergrößerungsfaktor, d der Abstand der Filmkassette von der Röntgenröhre und d₁ der Abstand des abzubildenden Punktes von der Filmkassette ist (Abb.3).

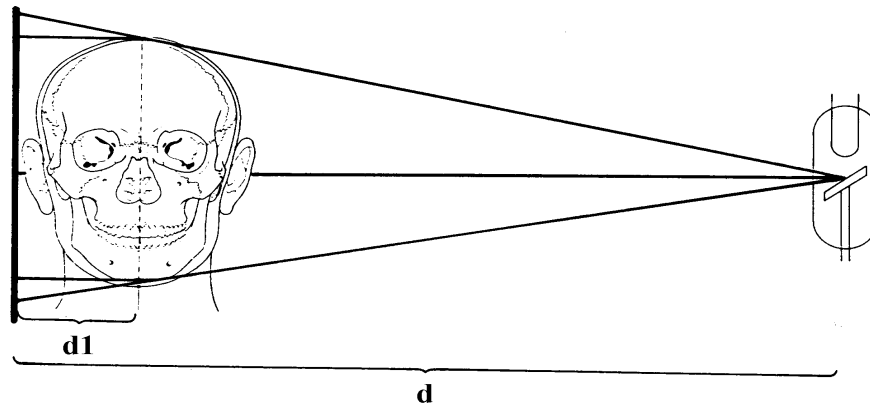


Abb. 3: Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Vergrößerungsgrad und dem Abstand der Filmkassette von der Röntgenröhre (d) sowie des abzubildenden Punktes von der Filmkassette (d_1)

Für größere Abstände d ist d_1 praktisch vernachlässigbar klein. Aus technischen und praktischen Gründen läßt sich der Fokus-Film-Abstand jedoch nicht beliebig vergrößern, so daß ein Abstand von etwa 1.50 m üblich ist, was eine Vergrößerung, der auf dem FRS abgebildeten Strukturen von ca. 10 % zur Folge hat.

2. Doppelkonturen

Filmferne Teile des Kopfes werden mit einem größeren Vergrößerungsfaktor abgebildet als filmnahe. Somit führt die Differenz zwischen dem Vergrößerungsfaktor für die linke und die rechte Gesichtshälfte zu Doppelprojektionen und Ungenauigkeiten. Auch dieser Fehler reduziert sich, wie oben beschrieben, mit steigendem Fokus-Film-Abstand.

3. Unschärfe

Eine gewisse Bildunschärfe ergibt sich aus der Tatsache, daß die Anode nicht punktförmig ist, sondern eine Fläche von 50 mm^2 bis 100 mm^2 hat. Auch hierbei ist ein großer Fokus-Film-Abstand vorteilhaft. Da jedoch die notwendige Strahlungsleistung mit dem Quadrat des Fokus-Film-Abstandes zunimmt und die Leistung einer Röntgenröhre unter anderem durch die Fläche der Anode begrenzt ist, würde ein zu großer Abstand zu sehr langen Belichtungszeiten und damit zu Bewegungsunschärfen führen.¹⁷

1.2 Das Orthopantomogramm (OPG) (Abb.4)



Abb. 4: Darstellung eines Orthopantomogramms

Das OPG ist aus der Tomographie entwickelt worden und folgt den Prinzipien der Schichtaufnahmetechnik. Das komplizierte Prinzip der Panoramaschichtaufnahme basiert grundlegend auf der Verwendung einer Schlitzblende und der koordinierten Bewegung ein oder mehrerer Anteile des Fokus-Objekt-Film-Systems.

Die ersten Panoramaschichtaufnahmen wurden bereits 1922 von Zulauf und 1933 von Numata in Form der Pantographie angefertigt.¹⁵ Der mit einer Bleiplatte hinterlegte Film wurde auf der Innenseite dem Zahnbogen angepaßt und kontinuierlich mit dem durch eine Schlitzblende begrenzten schmalen Strahlenbündel von einer Seite zur anderen belichtet. Paatero¹⁰ konnte als erster 1951 ein funktionstüchtiges Pantomographiegerät mit extraoralem Film vorstellen. Film und Röntgengerät rotierten während der Aufnahme um zwei für die rechte und linke Seite getrennte Drehachsen, so daß die Schicht der Form des Zahnbogens besser angepaßt war.

Die orthoradiale Darstellung aller Zähne und annähernd auch der aufsteigenden Äste mit den Kiefergelenken wurde durch eine Weiterentwicklung von Paatero ¹⁰ in Form der Bewegung von Film und Fokus um 3 Rotationszentren möglich. Das Verfahren erhielt den Namen Orthopantomographie (OPG). Das erste Orthopantomographiegerät wurde 1961 serienreif produziert ⁹ (Abb.5). Seitdem wurde die Bildqualität durch Weiterentwicklung der Generatoren, Verkleinerung des Brennflecks, Optimierung des Bewegungsablaufs und elektronische Steuerung wesentlich verbessert. Das Filmformat beträgt bei dieser Technik 15×30 cm.

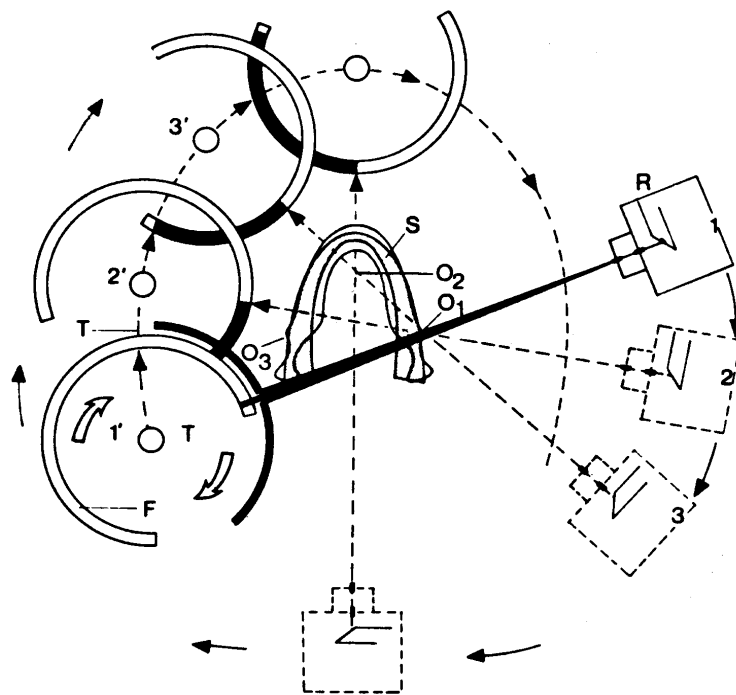


Abb. 5: Das Prinzip der Orthopantomographie nach Paatero. Das Gehäuse (R) mit der Röntgenröhre und der ihr vorgeschalteten vertikalen Schlitzeblende dreht sich von der rechten Seite des Patienten über seinen Nacken bis zur Gegenseite. Synchron bewegt sich die Filmtrummel (T) von der linken Seite des Patienten am Gesicht vorbei zur Gegenseite. Gleichzeitig dreht sich die Filmtrummel mit dem darauf montierten Film (F) im Uhrzeigersinn um ihre eigene Achse. Das Objekt (S) zeigt, schematisch auf den Zahnbogen des Unterkiefers projiziert, ungefähr den Schichtbereich an. Die Punkte O_1, O_2 und O_3 markieren die Drehpunkte des Zentralstrahles bei dem originalen Verfahren nach Paatero.

Die korrekte Positionierung des Patienten entscheidet über die Qualität und die Interpretierbarkeit der Aufnahme (Abb.6). Sie erfolgt mittels der am Gerät befestigten Aufbißlehre und dem Lichtvisier. Zur korrekten Positionierung läßt man den Patienten in die Aufbißlehre beißen und achtet darauf, daß der Unterkiefer nicht seitlich verschoben ist, was eine asymmetrische Unterkieferstellung zur Folge hätte. Desweiteren wird der Kopf des Patienten mittels des Lichtvisiers an der Mediansagittalebene und der „Frankfurter Horizontalen“ ausgerichtet. Die Aufnahme des OPG erfolgt in inzisaler Kopfbißstellung, um die Darstellung der Frontzahnregion zu verbessern.

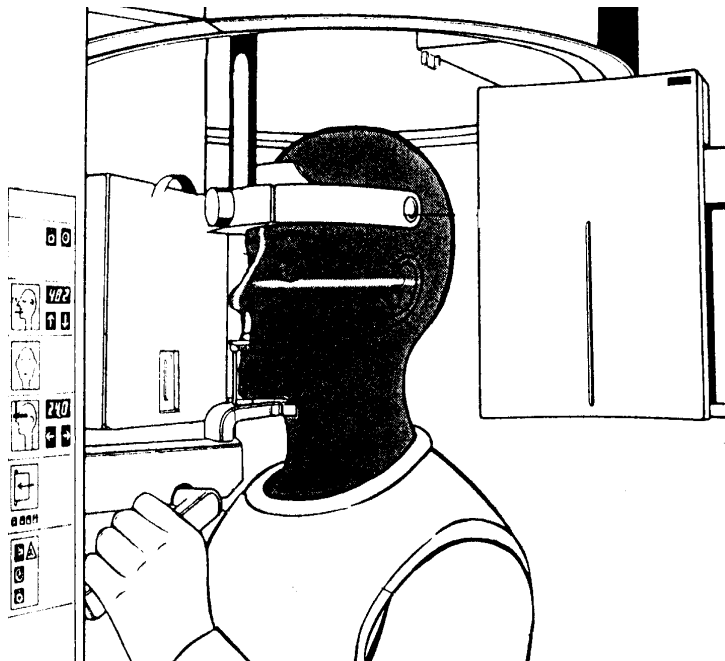


Abb. 6: Schematische Darstellung der Positionierung eines Patienten im Orthopantomographiegerät für eine Panoramaaufnahme

Die Bedeutung des OPG's in der Kieferorthopädie liegt vor allem in der übersichtlichen Darstellung des Kausystems. Es liefert nicht nur eine panoramaartige Abbildung aller Zähne, sondern auch einen Überblick über den gesamten Unterkiefer mit den Kiefergelenken. Auch im Oberkiefer können angrenzende Regionen, insbesondere die Kieferhöhlen, beurteilt werden. Ein großer Vorteil ist, daß die rechte und linke Seite getrennt abgebildet werden und damit ein Seitenvergleich möglich ist.

Ein weiterer Vorteil des OPG's ist, daß die Strahlendosis für den Patienten niedriger als beim FRS ist. Die Gonadendosis beim OPG liegt bei 0,03 mrem während sie bei einem mit 1,5 m Fokus-Film-Abstand aufgenommenen FRS bei 9 mrem liegt.⁵

1.2.1 Metrische Analyse des OPG's

Das OPG ist bis dato nur versuchsweise zu metrischen Ausmessungen herangezogen worden. So konnten Mattila et al. ⁸ zeigen, daß der Gonionwinkel mit vergleichbarer Genauigkeit an OPG und FRS gemessen werden kann. Breier et. al. ¹ analysierten den Aufbau des Schädels anhand von FRS und OPG metrisch und fanden heraus, daß der Gonionwinkel, der Kieferbasiswinkel und die anteriore und posteriore Gesichtshöhe hohe Korrelationswerte aufweisen.

1.2.2 Geometrische Abbildungsfehler beim OPG

Analog dem FRS sind beim OPG geometrische Abbildungsfehler unvermeidbar. Das Ausmaß der Vergrößerungsungenauigkeit ist verschiedenfach mit Metallkugeln, Schrauben, Drähten, Gittern und Nägeln dargestellt worden.^{2,3,4,6,16,23}

Im Gegensatz zum FRS zeigen jedoch unterschiedliche Kieferbereiche im OPG deutlich unterschiedliche Vergrößerungen. So fanden Philipp und Hurst ¹¹ Vergrößerungen von 22,5 % bis 28 % im OPG.

Thanyakarn et al. ¹⁹ beschrieb eine Vergrößerung der ersten Molaren im Oberkiefer von 17%-28% im Vergleich zu einer Vergrößerung der Prämolaren im Unterkiefer von 13%-15%.

2 Ziel

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, anhand metrischer Auswertungen von Fernröntgenseitenbildern (FRS) und Orthopantomogrammen (OPG) folgende Fragen zu beantworten.

1. Inwiefern sind an Fernröntgenseitenbildern (FRS) und Orthopantomogrammen (OPG) gemessene dentoalveoläre und skelettale Parameter vergleichbar ?
2. Spiegeln sich Wachstums- und Behandlungsveränderungen dentoalveolärer und skelettaler Parameter analog im Fernröntgenseitenbild und Orthopantomogramm wider ?

3 Material

Das Material bestand aus Fernröntgenseitenbildern des Kopfes (FRS) und Orthopantomogrammen (OPG) von 30 Patienten (15 weiblichen und 15 männlichen) der Abteilung für Kieferorthopädie. Die verwendeten Röntgenaufnahmen wurden im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung der Patienten erstellt und retrospektiv für die Untersuchung ausgewählt.

Von jedem Patienten wurden jeweils zwei FRS und zwei OPG, die in mindestens einjährigem Abstand (MW = 2,5 Jahre) erstellt worden waren, ausgewertet. Die FRS und OPG eines jeden Patienten mußten zu jedem der beiden Untersuchungszeitpunkte, jeweils am selben Tag, erstellt worden sein. Desweiteren sollte bei den Probanden zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung der Durchbruch der bleibenden Schneidezähne und bleibenden ersten Molaren abgeschlossen sein. Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung lag bei 10,9 Jahren und zum Zeitpunkt der zweiten Untersuchung bei 13,4 Jahren.

4 Methode

Alle FRS und OPG wurden nach standardisierter Aufnahmetechnik erstellt, wobei die Aufnahme der FRS in habitueller Okklusion und die der OPG zur besseren Darstellung der Frontzahnregion in Kopfbißstellung der Frontzähne erfolgte.

4.1 Auswertung der FRS und OPG

Zur Auswertung der Röntgenbilder wurde die an der Abteilung für Kieferorthopädie verwendete kephalometrische Analyse modifiziert. Ziel der Modifikation war die Erstellung einer Analyse, die auf Referenzpunkten basiert, die sowohl am FRS als auch am OPG lokalisierbar sind. Aufnahmetechnisch bedingt wurden die Referenzpunkte am OPG jeweils für die rechte und linke Seite bestimmt, während am FRS jeweils die gemittelten Konturen der rechten und linken Seite zur Referenzpunktbestimmung herangezogen wurden. Desweiteren waren bei der Auswertung der OPG einige Modifikationen erforderlich, die nachfolgend mit Stern (*) gekennzeichnet sind.

Alle FRS und OPG wurden unter Verwendung von Lichtkasten, Acetat-Tracing-Folie und feinem Bleistift durchgezeichnet. Strecken- und Winkelmessungen erfolgten mit einem Geodreieck mit Millimeter- und Gradeinheiten. Die Meßgenauigkeit betrug 0,5 Millimeter respektive 0,5 Winkelgrade.

4.2 Referenzpunkte

Die kephalometrischen Referenzpunkte sind in Abbildung 7 und 8 dargestellt.

- Co** Condylion:
der am weitesten kranial gelegene Punkt der Condylus
- Cod** Condylion dorsale:
der am weitesten dorsal gelegene Punkt des Condylus
- Or** Orbitale:
der am weitesten caudal gelegene Punkt der Orbita
- Sp** Spina nasalis anterior (FRS):
der am weitesten anterior gelegene Punkt der Spina nasalis anterior
- Sp*** Spina nasalis anterior (OPG):
der am weitesten kaudal gelegene Punkt, an dem sich die nasalen Begrenzungslinien der Ossae maxillae in der Medianen treffen
- Pm** Pterygomaxillare:
Schnittpunkt der Kontur des Nasenbodens mit der Kontur des Fossa-Palatina-Schatten
- Tgc** Corpustangentenpunkt:
Der Berührungspunkt der Tangente an den unteren Corpusrand im Bereich des Kieferwinkels, welche durch den Punkt Gn verläuft
- Gn** Gnathion (FRS):
der am weitesten kaudal gelegene Punkt der Symphyse des Unterkiefers

- Gn*** Gnathion (OPG):
der tiefste Punkt des Corpus mandibulae in Höhe des Eckzahnes rechts und links
- m*** Gnathion mediana (OPG):
der tiefste Punkt der Symphyse des UK in der Medianen
- Go`** Gonion-Tangentenpunkt:
Schnittpunkt der Tangente, welche die posteriore Kontur des Ramus mandibulae berührt und durch den Punkt Cod verläuft, mit der Tangente, die durch die Punkte Tgc und Gn verläuft
- is** Incision superior:
die Schneidekante des am meisten extrudierten oberen Incisivus
- is-a** Apex Incision superior:
Apex des am meisten extrudierten oberen Incisivus
- ii** Incision inferior:
die Schneidekante des am meisten extrudierten unteren Incisivus
- ii-a** Apex Incision inferior:
Apex des am meisten extrudierten unteren Incisivus
- ms** Molare superior:
die mesiale Höckerspitze des oberen ersten bleibenden Molaren
- ms-a** Apex Molare superior:
Apex der mesialen Wurzel des oberen ersten bleibenden Molaren

- mi** Molare inferior:
die mesiale Höckerspitze des unteren ersten bleibenden Molaren
- mi-a** Apex Molare inferior:
Apex der mesialen Wurzel des unteren ersten bleibenden Molaren
- al-is** Limbus alveolaris Incision superior:
der am weitesten koronal gelegene Punkt des Limbus alveolaris im Bereich der OK-
Incisivi
- al-ii** Limbus alveolaris Incision inferior:
der am weitesten koronal gelegene Punkt des Limbus alveolaris im Bereich der UK-
Incisivi
- al-ms** Limbus alveolaris Molare superior:
der am weitesten koronal gelegene Punkt des Limbus alveolaris zwischen den ersten
und zweiten OK-Molaren
- al-mi** Limbus alveolaris Incision inferior:
der am weitesten koronal gelegene Punkt des Limbus alveolaris zwischen den ersten
und zweiten UK-Molaren
- Hv*** Verbindungspunkt zwischen H-Linie und RL-Linie (siehe Referenzlinien Seite 17)
- Ht*** Horizontaler Treffpunkt:
Treffpunkt zwischen den H-Linien der rechten und linken Seite (siehe Referenzlinien
Seite 17)

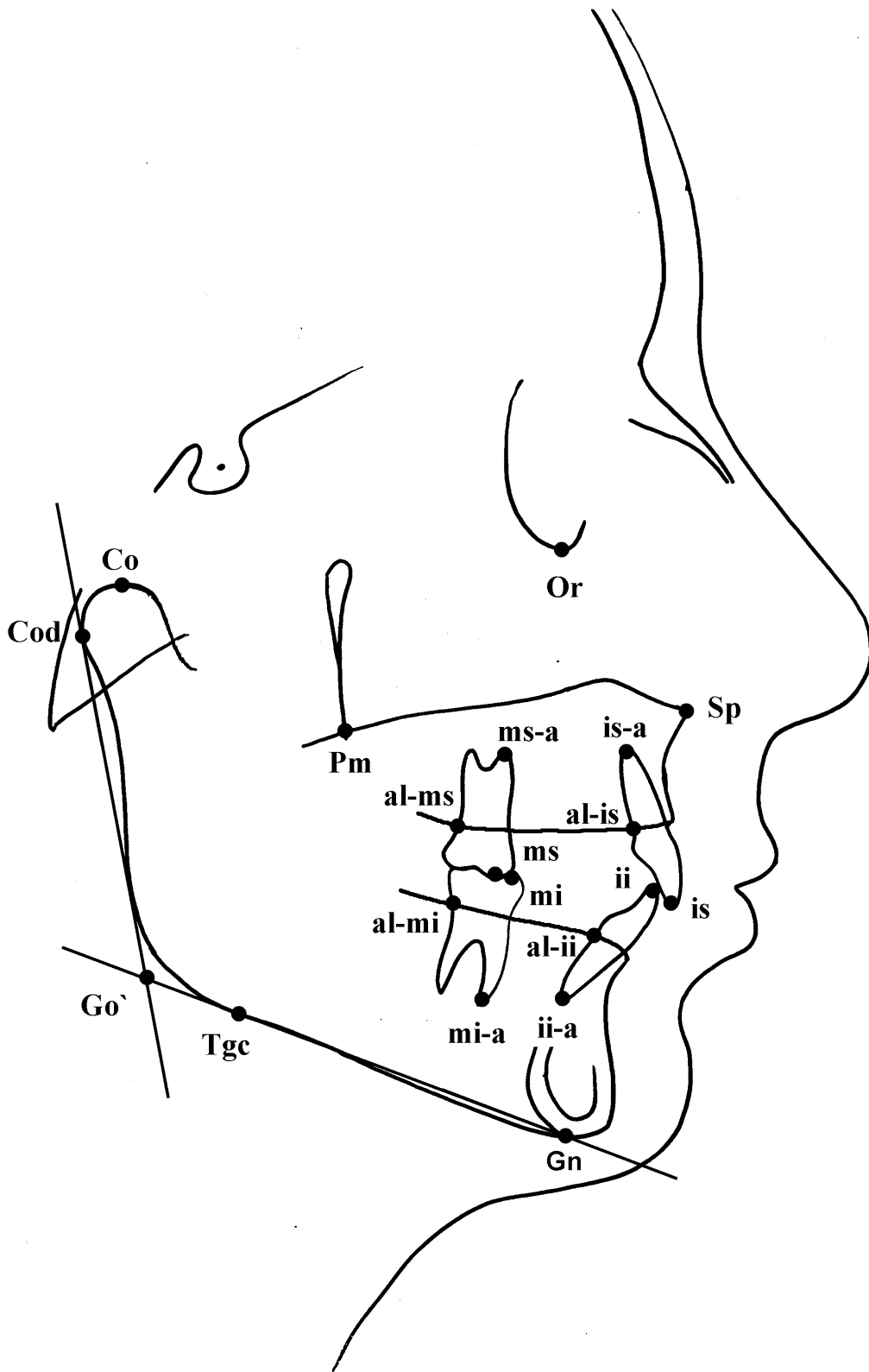


Abb. 7: Darstellung der kephalometrischen Referenzpunkte im Fernröntgenseitenbild

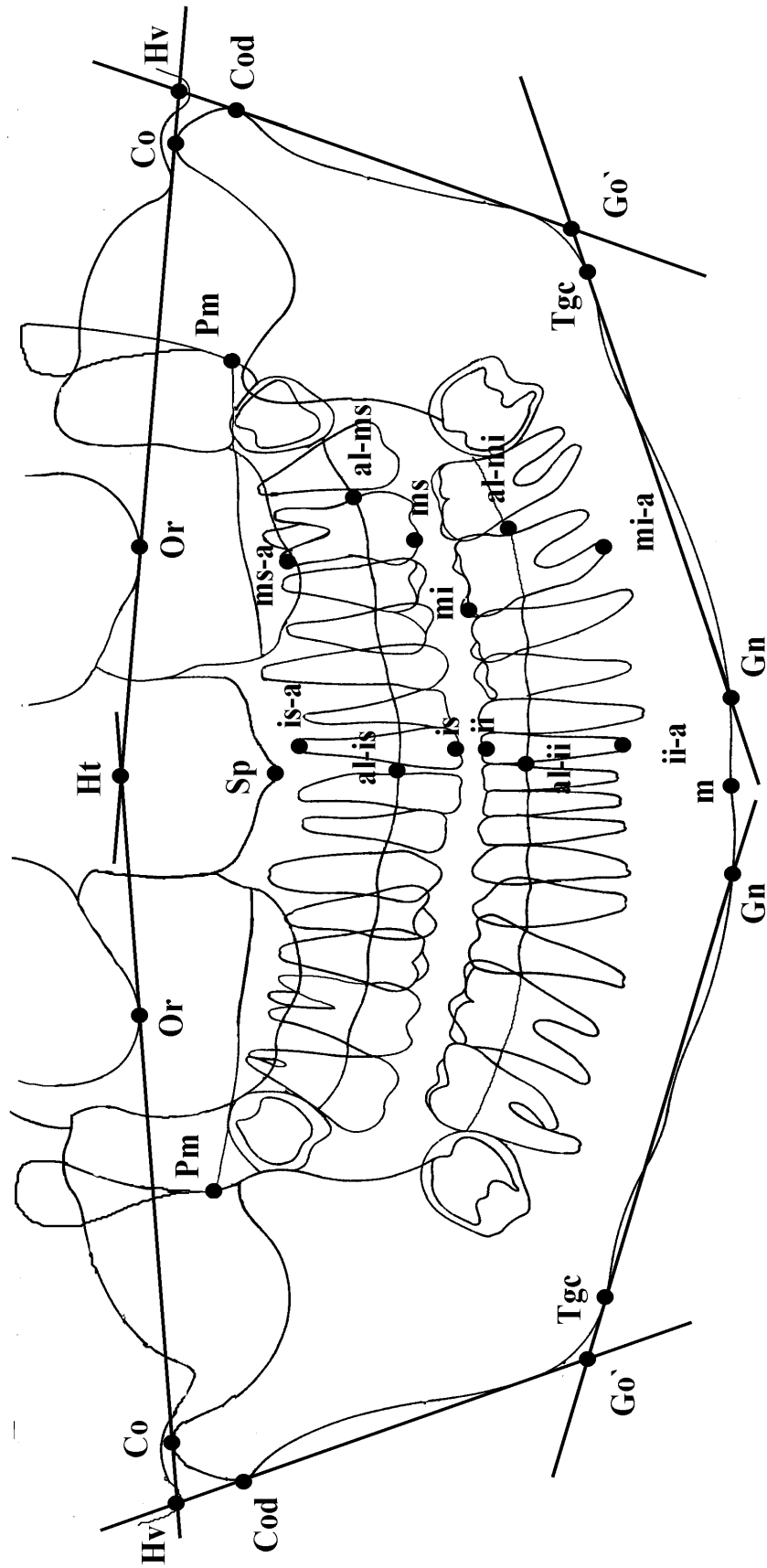


Abb. 8: Darstellung der kephalometrischen Referenzpunkte im Orthopantomogramm

4.3 Referenzlinien

Die kephalometrischen Referenzlinien sind in Abbildung 9 und 10 dargestellt.

- H** H-Linie:
Modifizierte Frankfurter Horizontale. Verbindungslinie zwischen den Punkten Orbitale (Or) und Condylion (Co)
- NL** Nasal-Linie:
Verbindungslinie der Punkte Spina (Sp) und Pterygomaxillare (Pm)
- ML** Mandibularebene:
Verbindungslinie der Punkte Gnathion (Gn) und Corpustangentenpunkt (Tgc)
- MLa*** Anteriore Mandibularebene (OPG):
Zusätzliche Referenzlinie am OPG als Verbindungslinie der Punkte Gnathion rechts und Gnathion links
- RL** Ramustangente:
Tangente an den posterioren Rand des aufsteigenden Astes und den dorsalsten Punkt des Condylus (Cod)

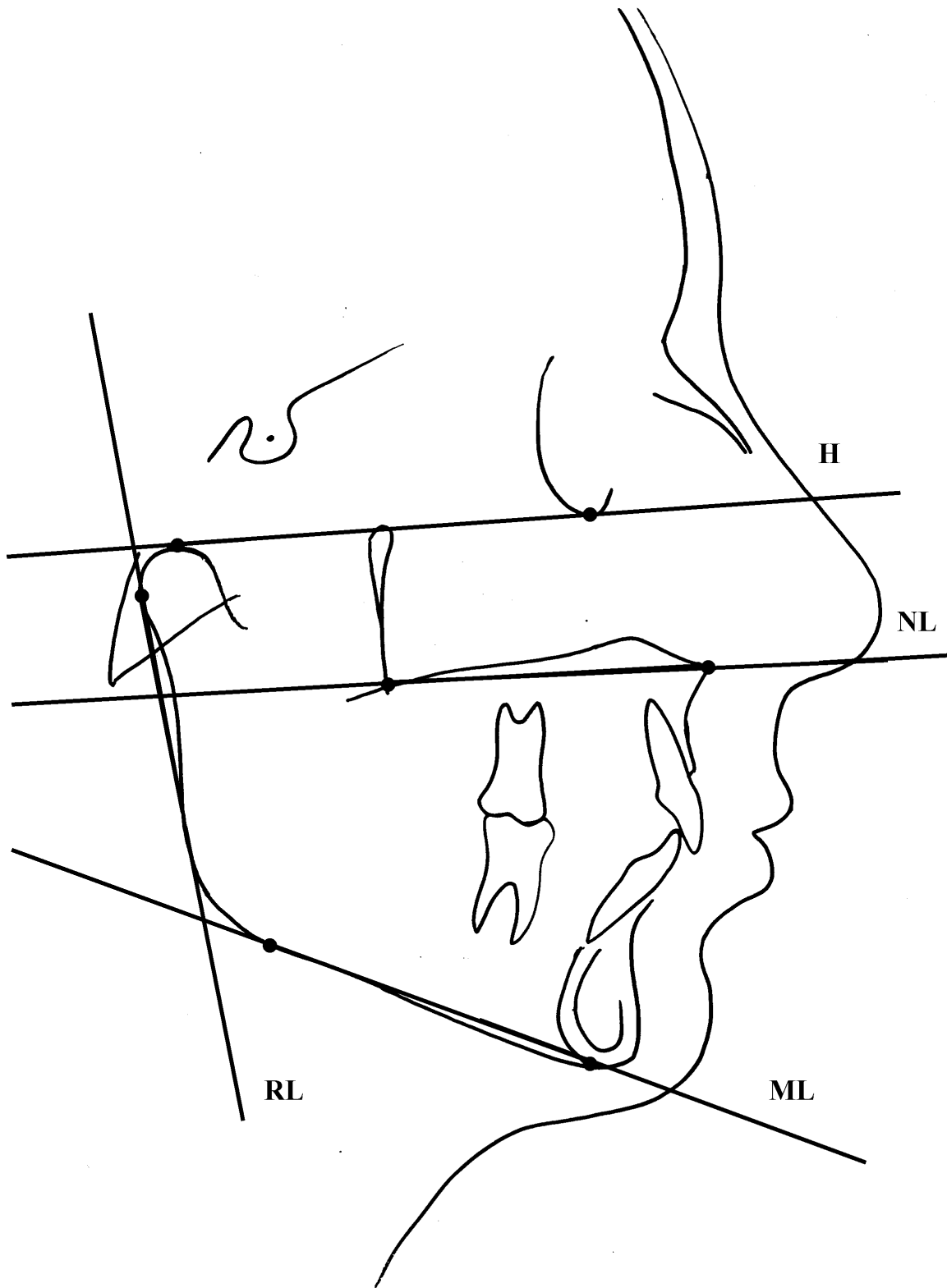


Abb. 9: Darstellung der kephalometrischen Referenzlinien im Fernröntgenseitenbild

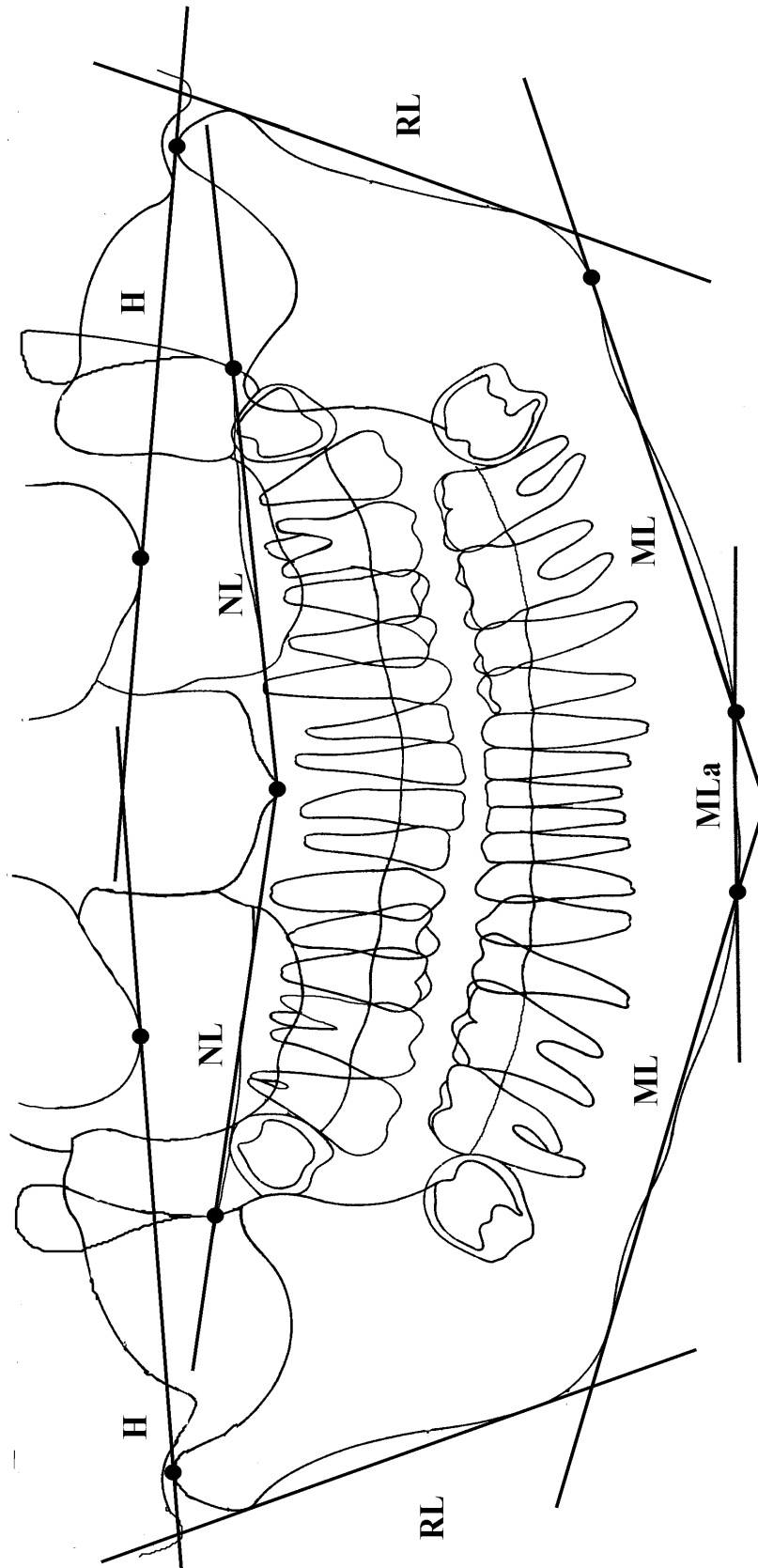


Abb. 10: Darstellung der kephalometrischen Referenzlinien im Orthopantomogramm

4.4 Metrische Analyse

Skelettale Variablen

Die skelettalen Variablen sind in Abbildung 11-14 dargestellt.

1. **AGH (mm):** Anteriore Gesichtshöhe (FRS):
senkrechter Abstand des Punktes Gn zur H-Linie

AGH* (mm): Anteriore Gesichtshöhe (OPG):
Abstand der Punkte Ht und m
2. **PGH (mm):** Posteriore Gesichtshöhe (FRS):
senkrechter Abstand des Punktes Go` zur H-Linie

PGH* (mm): Posteriore Gesichtshöhe (OPG):
Abstand der Punkte Hv und Go`
3. **ML/RL (Grad):** Gonionwinkel:
Winkel zwischen den Linien ML und RL
4. **ML/H (Grad):** Mandibularbasiswinkel:
Winkel zwischen den Linien ML und H
5. **NL/H (Grad):** Oberkieferbasiswinkel:
Winkel zwischen den Linien NL und H
6. **ML/NL (Grad):** Kieferbasiswinkel:
Winkel zwischen den Linien ML und NL

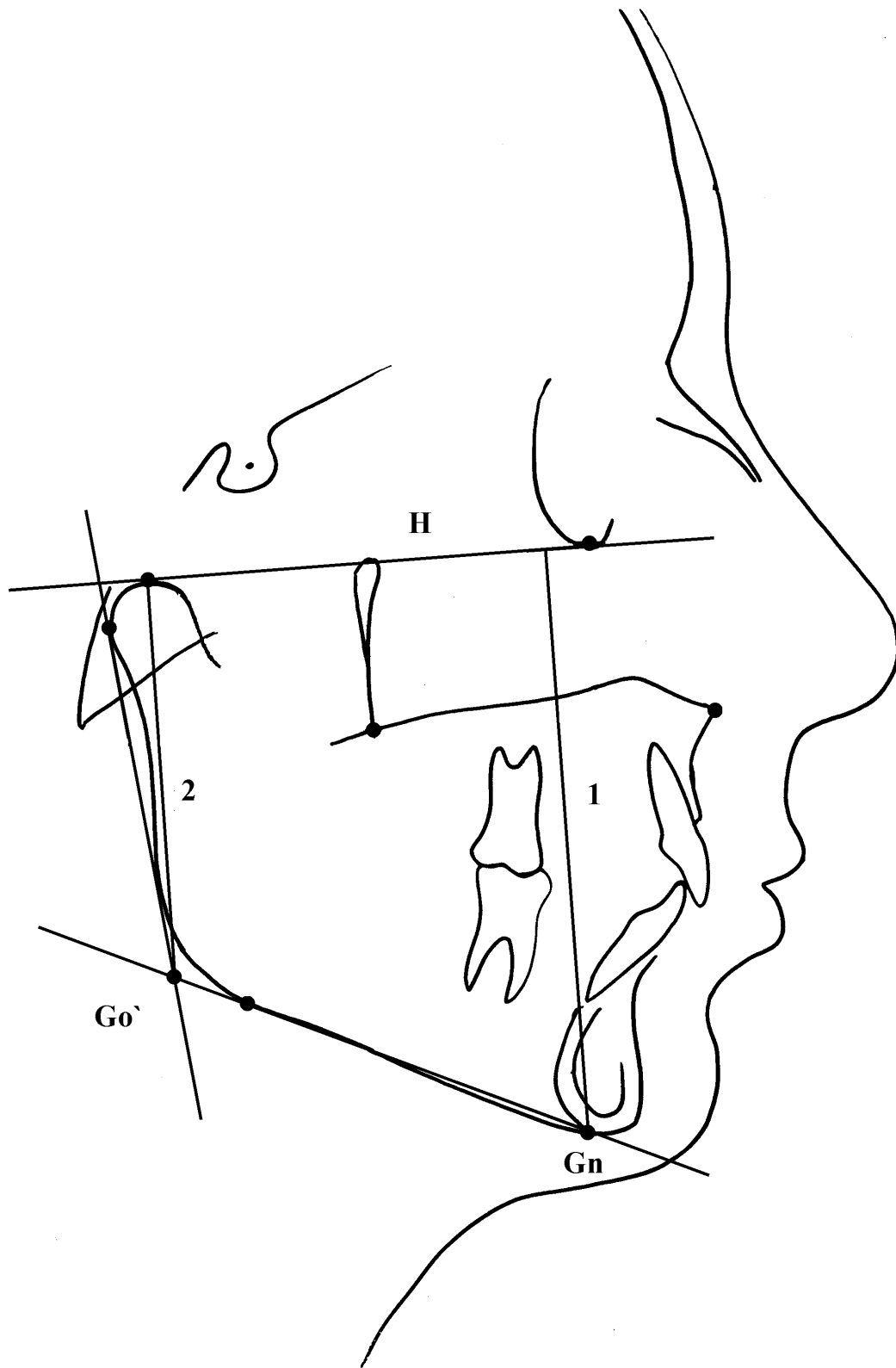


Abb. 11: Darstellung der Variablen AGH (1.) und PGH (2.) im Fernröntgenseitenbild

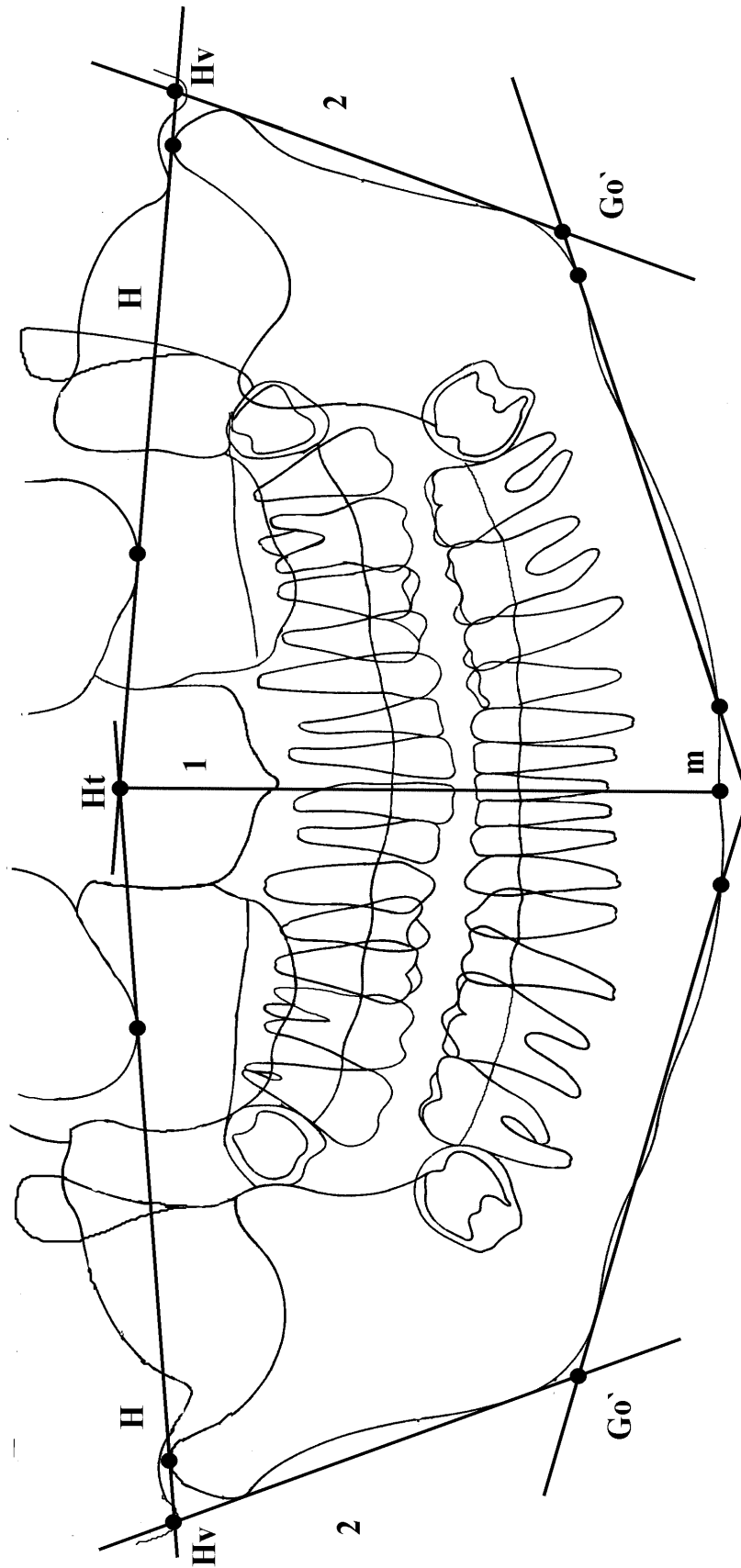


Abb. 12: Darstellung der Variablen AGH (1.) und PGH (2.) im Orthopantomogramm

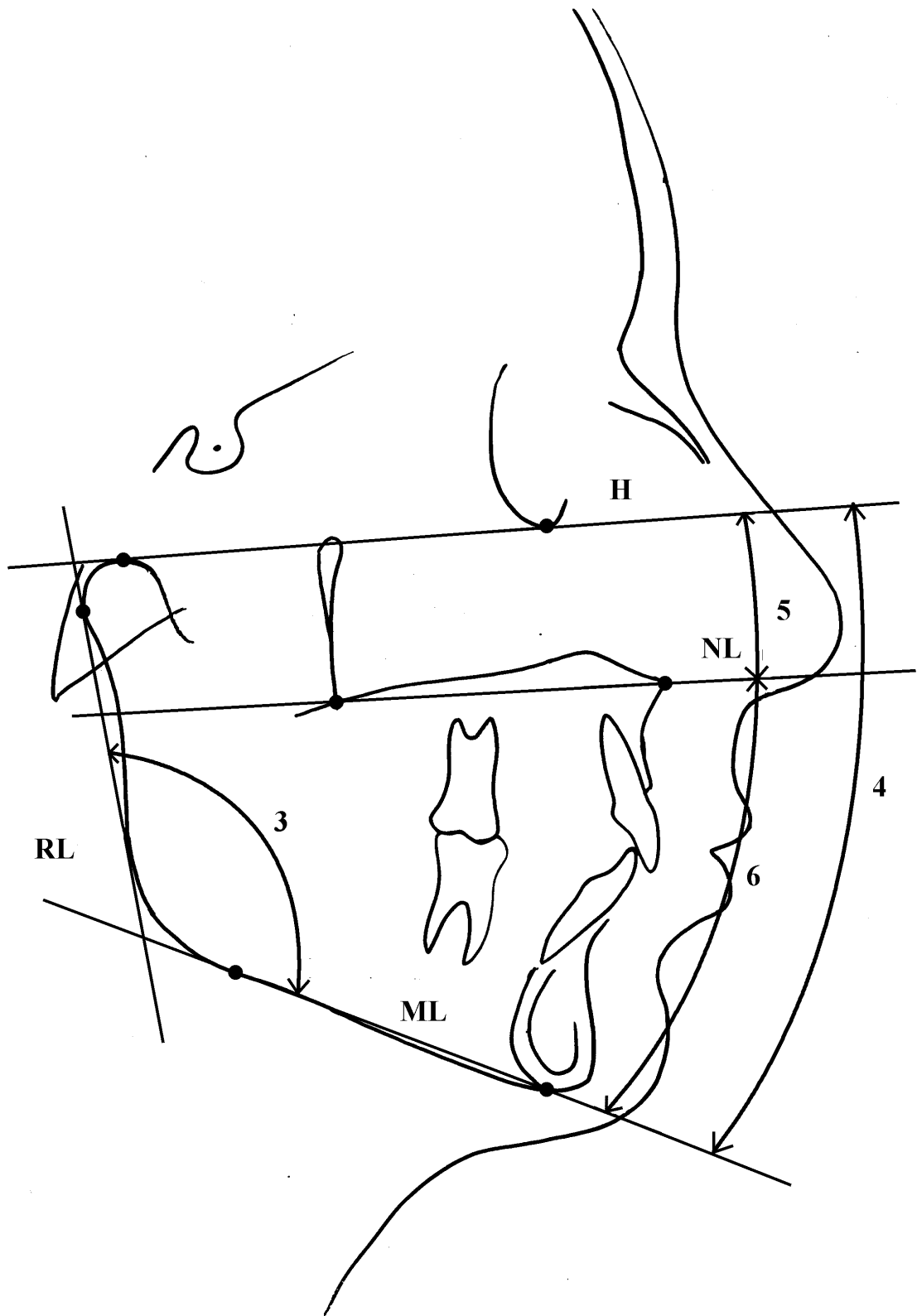


Abb. 13: Darstellung der Variablen ML/RL (3.), ML/H (4.), NL/H (5.) und ML/NL (6.) im Fernröntgenseitenbild

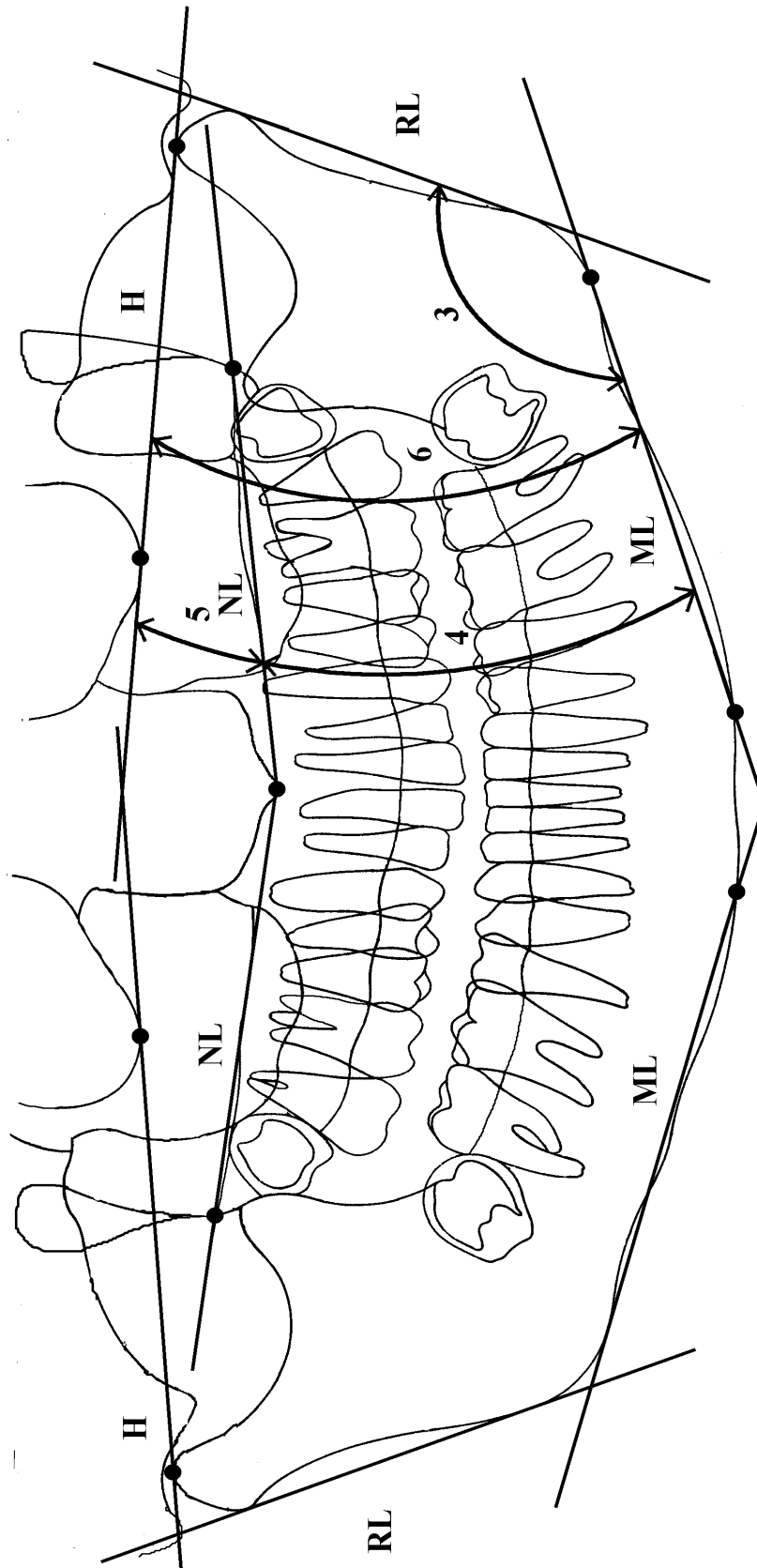


Abb. 14: Darstellung der Variablen ML/RL (3.), ML/H (4.), NL/H (5.) und ML/NL (6.) im Orthopantomogramm

Alveoläre Variablen

Die alveolären Variablen (mm) sind in Abbildung 15 und 16 dargestellt.

- 7. AHM_x** Anteriore Höhe der Maxilla (FRS):
senkrechter Abstand des Punktes al-is zur Linie NL
- AHM_x*** Anteriore Höhe der Maxilla (OPG):
Abstand der Punkte al-is und Sp
- 8. PHM_x** Posteriore Höhe der Maxilla:
senkrechter Abstand des Punktes al-ms zur Linie NL
- 9. AHM_n** Anteriore Höhe der Mandibula (FRS):
senkrechter Abstand des Punktes al-ii zur Linie ML
- AHM_n*** Anteriore Höhe der Mandibula (OPG):
Abstand der Punkte al-ii und m
- 10. PHM_n** Posteriore Höhe der Mandibula:
senkrechter Abstand des Punktes al-mi zur Linie ML

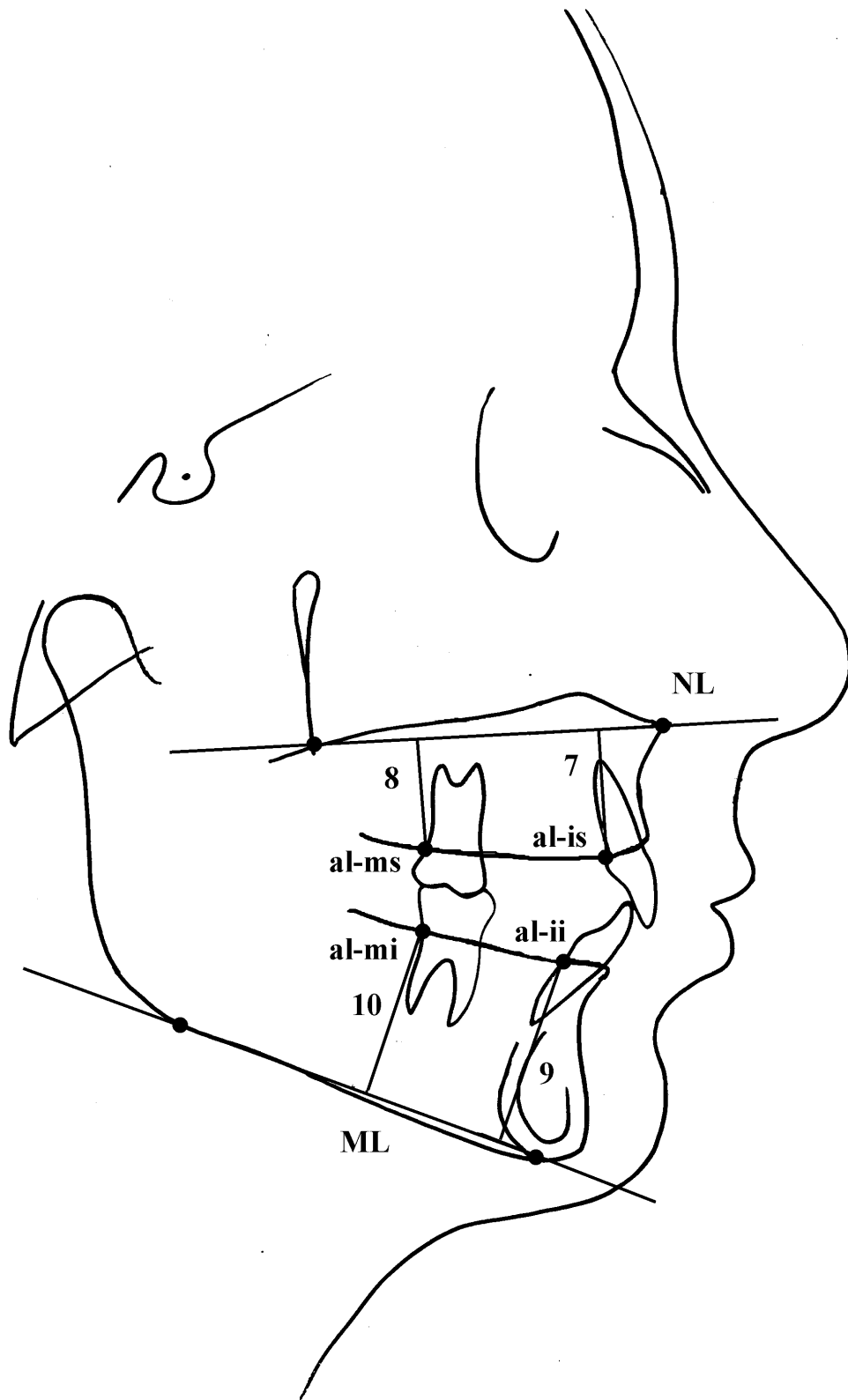


Abb. 15: Darstellung der Variablen AHMx (7.), PHMx (8.), AHMn (9.) und PHMn (10.) im Fernröntgenseitenbild

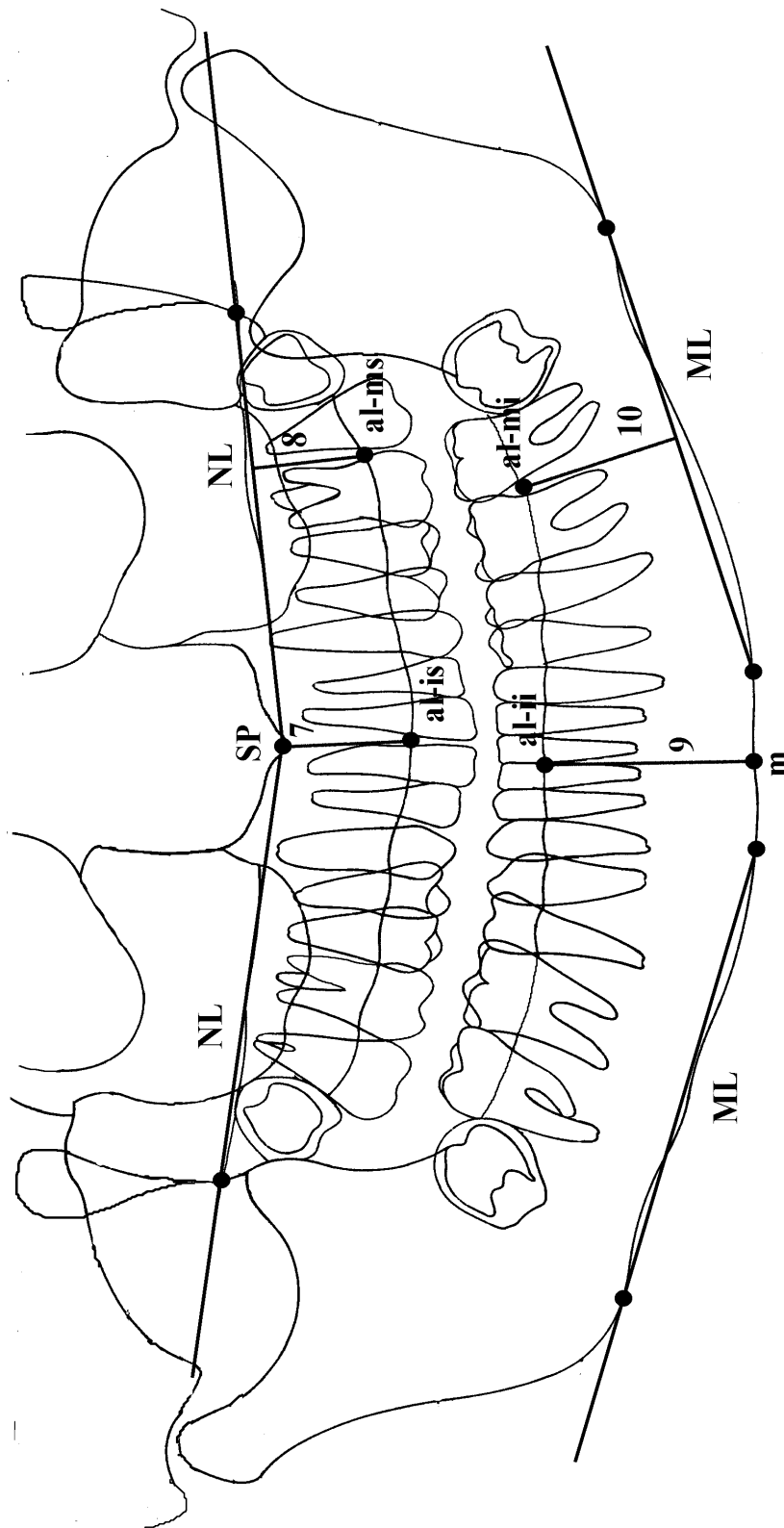


Abb. 16: Darstellung der Variablen AHMx* (7.), PHMx (8.), AHMn* (9.) und PHMn (10.) im Orthopantomogramm

Dentale Variablen

Die dentalen Variablen (mm) sind in Abbildung 17-20 dargestellt.

- | | |
|-------------------|--|
| 11. is-NL | Distanz der Schneidekante des am meisten extrudierten oberen Incisivus (is) zur Linie NL |
| 12. ii-ML | Distanz der Schneidekante des am meisten extrudierten unteren Incisivus (ii) zur Linie ML |
| ii-MLa* | Distanz der Schneidekante des am meisten extrudierten unteren Incisivus (ii) zur Linie MLa |
| 13. ms-NL | Distanz der mesialen Höckerspitze des oberen ersten bleibenden Molaren (ms) zur Linie NL |
| 14. mi-ML | Distanz der mesialen Höckerspitze des unteren ersten bleibenden Molaren (mi) zur Linie ML |
| 15. isa-NL | Distanz des Apex des am meisten extrudierten oberen Incisivus (isa) zur Linie NL |
| 16. iia-ML | Distanz des Apex des am meisten extrudierten unteren Incisivus (iia) zur Linie ML |
| iia-MLa* | Distanz des Apex des am meisten extrudierten unteren Incisivus (iia) zur Linie MLa |

17. msa-NL Distanz des Apex der mesialen Wurzel des oberen ersten bleibenden Molaren (msa) zur Linie NL

18. mia-ML Distanz des Apex der mesialen Wurzel des unteren ersten bleibenden Molaren (mia) zur Linie ML

Im Ergebnisteil werden die Parameter ii-MLa und iia-MLa unter den entsprechenden FRS-Bezeichnungen (ii-ML, iia-ML) dargestellt.

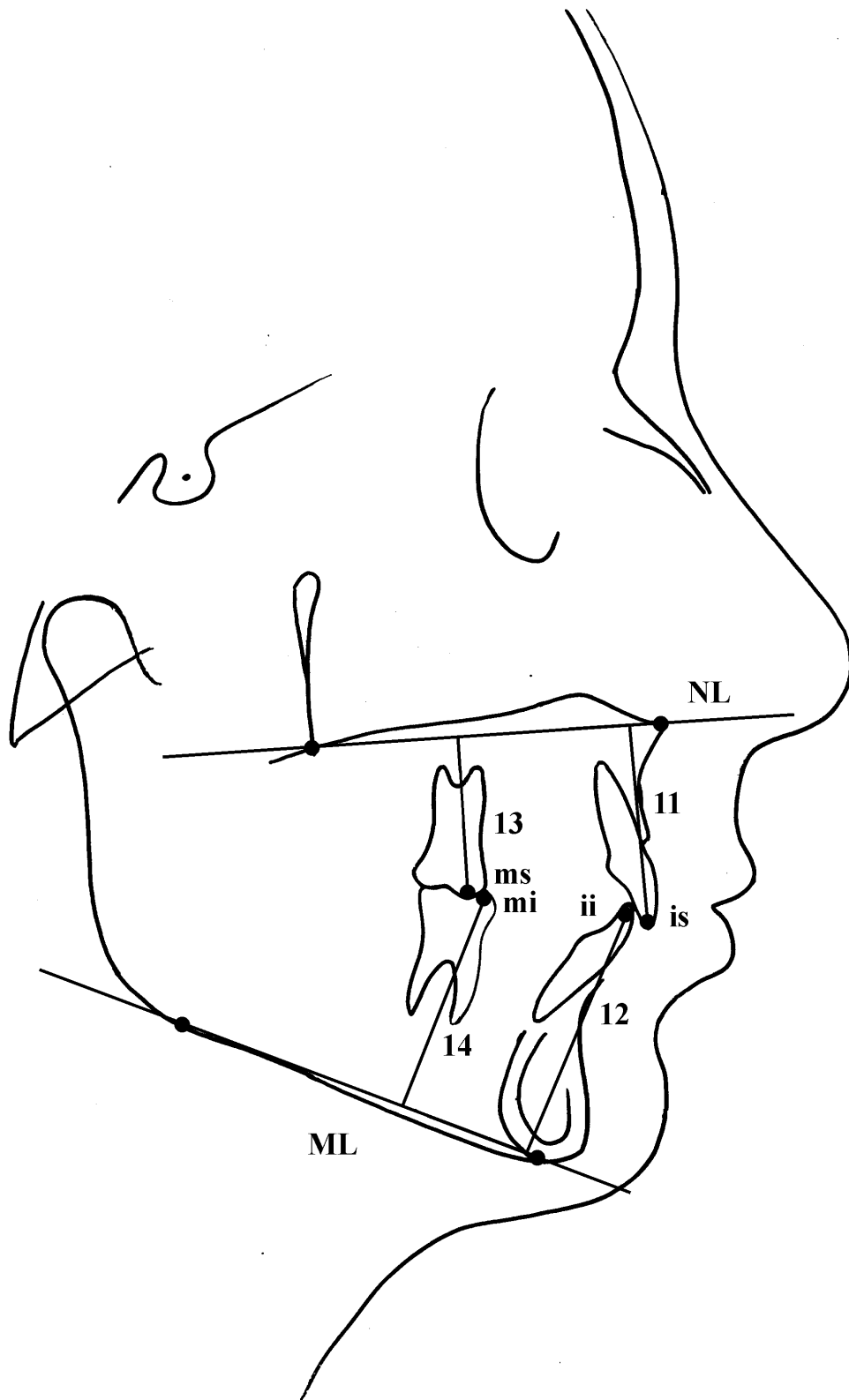


Abb. 17: Darstellung der Variablen is-NL (11.), ii-ML (12.), ms-NL (13.) und mi-ML (14.) im Fernröntgenseitenbild

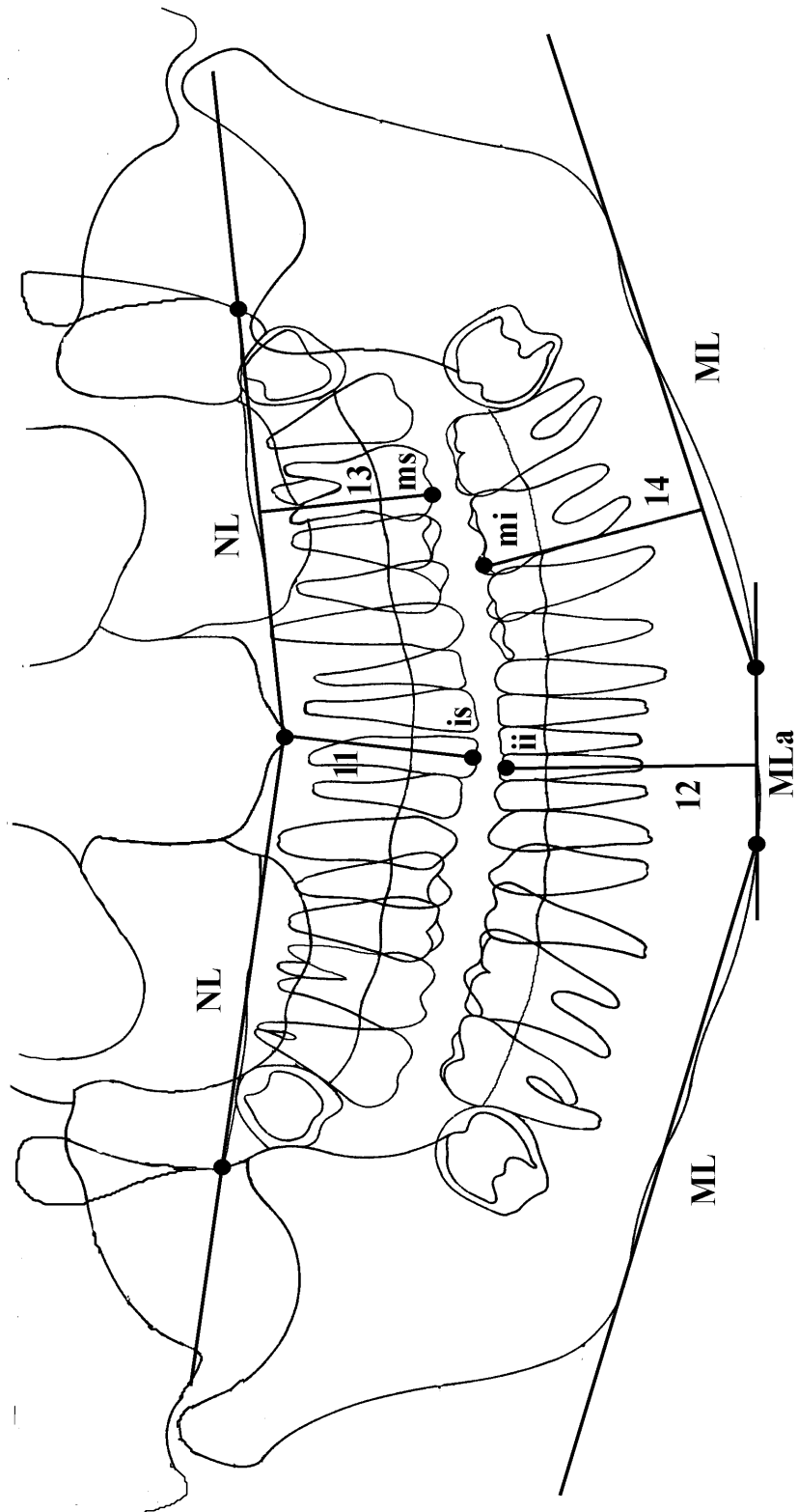


Abb. 18: Darstellung der Variablen is-NL (11.), ii-MLa (12.), ms-NL (13.) und mi-ML (14.) im Orthopantomogramm

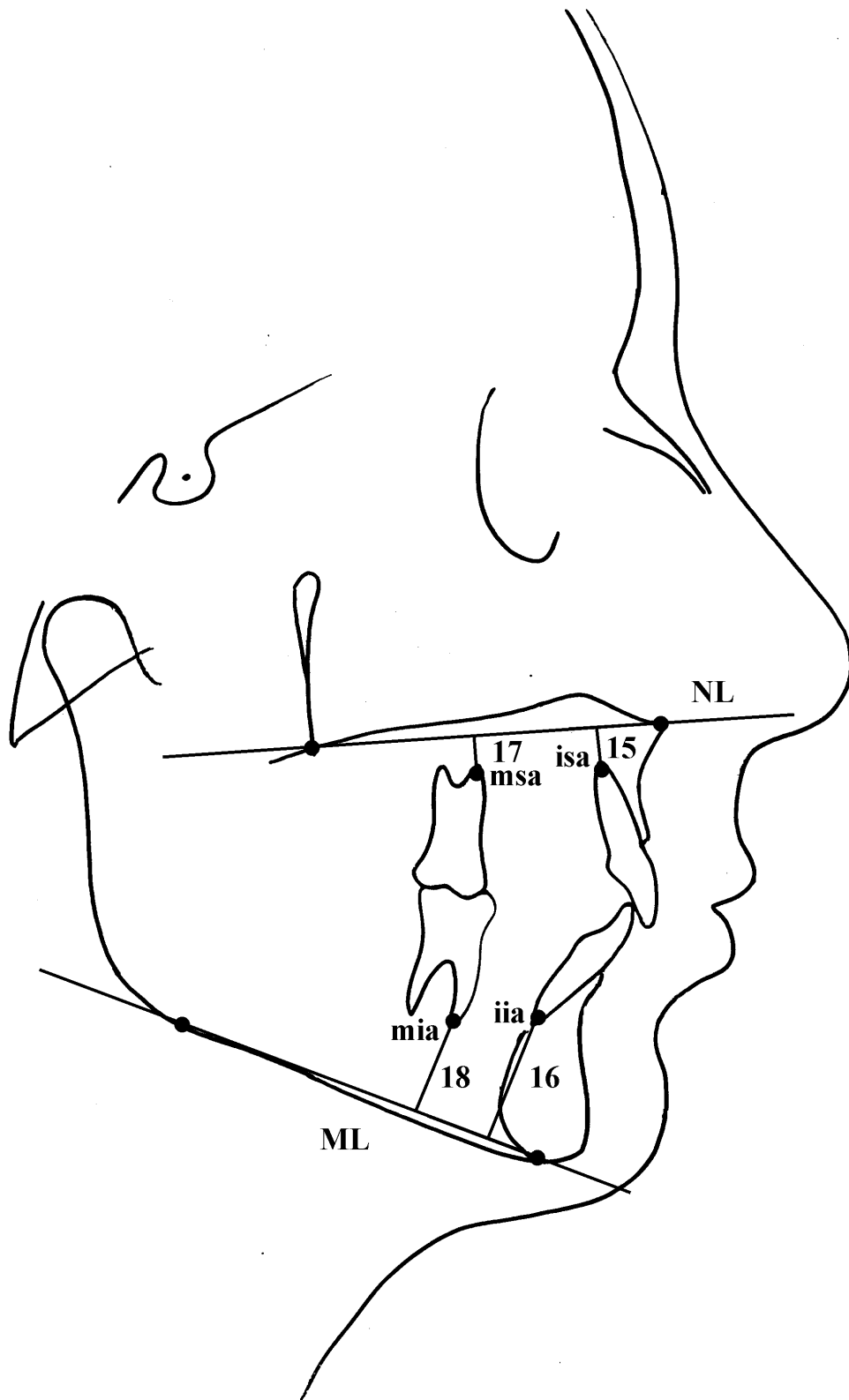


Abb. 19: Darstellung der Variablen *isa*-NL (15.), *ia*-ML (16.), *msa*-NL (17.) und *ma*-ML (18.) im Fernröntgenseitenbild

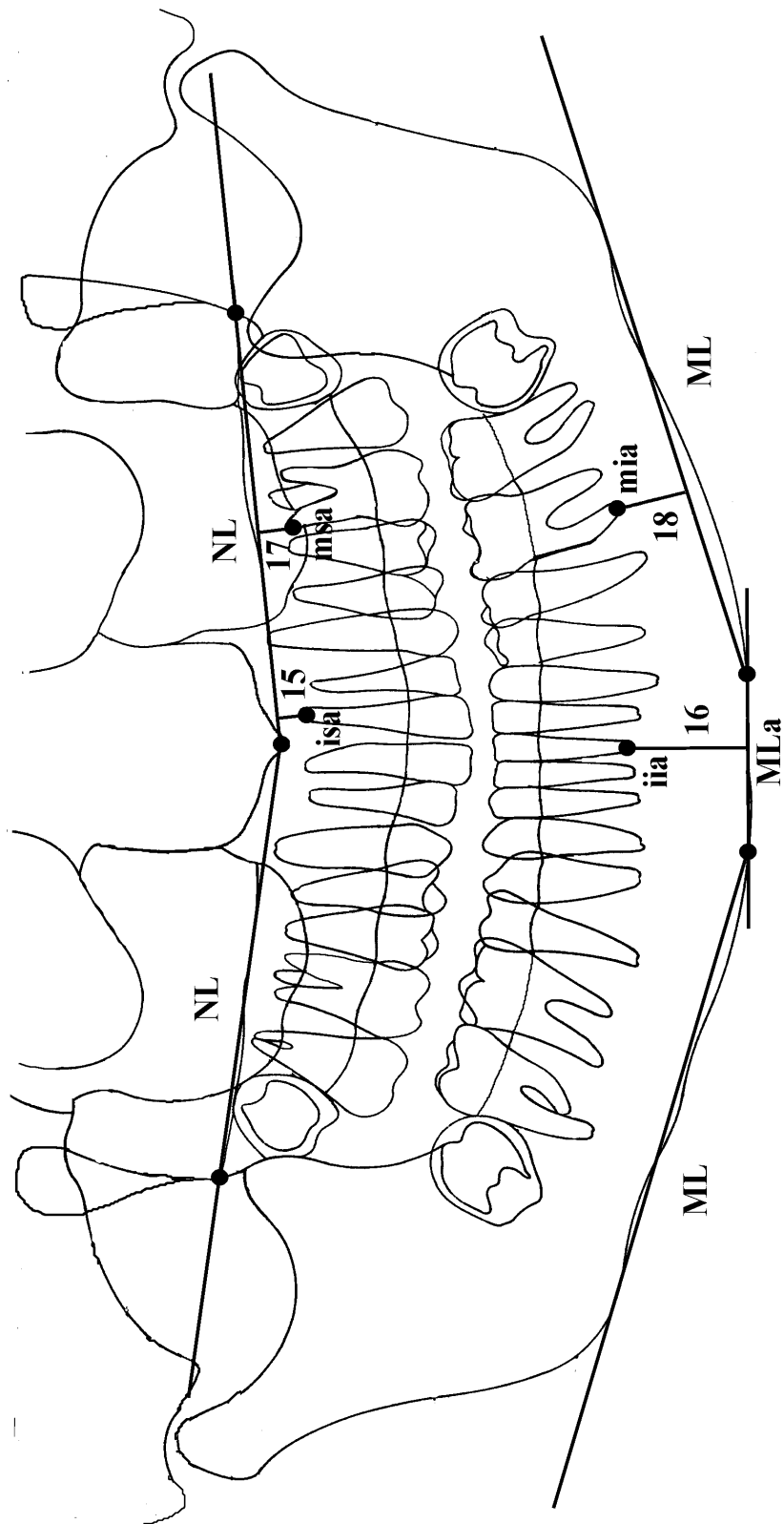


Abb. 20: Darstellung der Variablen isa-NL (15.), iia-MLa (16.), msa-NL (17.) und mia-ML (18.) im Orthopantomogramm

5 Statistische Methoden

Alle FRS und OPG der zwei Untersuchungszeitpunkte wurden jeweils zweifach ausgewertet. Der Mittelwert der beiden Messungen wurde für die statistische Auswertung herangezogen.

Für die gemessenen kephalometrischen Variablen sowie die Variablenveränderungen wurden der arithmetische Mittelwert (MW), die Standardabweichung (SD), die Maxima (Max) und die Minima (Min) berechnet. Der durchschnittliche Vergrößerungsgrad von 10,7 % für die FRS und 25 % für die OPG wurde nicht berücksichtigt. Mögliche Zusammenhänge zwischen den an FRS und OPG gemessenen Variablen sowie den Variablenveränderungen wurden mittels des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (r) überprüft. Zur Beurteilung möglicher Geschlechtsdifferenzen wurde eine, auf der Fisher'schen Z-Transformation beruhende, Berechnung eingesetzt.

Zur Beschreibung der erhaltenen Korrelationen kommen folgende Korrelationsniveaus zur Anwendung:

| | |
|----------------------|-------------------------|
| schwache Korrelation | $ r < 0,30$ |
| moderate Korrelation | $ r \quad 0,30 - 0,70$ |
| hohe Korrelation | $ r > 0,70$ |

Desweiteren fanden folgende Signifikanzniveaus Verwendung:

| | |
|---------------|--------------------------|
| $p < 0,001$ | (***) |
| $p < 0,01$ | (**) |
| $p < 0,05$ | (*) |
| $p \geq 0,05$ | (n.s.) nicht signifikant |

6 Methodenfehler

Um den totalen Methodenfehler resultierend aus der Lokalisation und Einzeichnung der Referenzpunkte und Referenzlinien sowie der Messung der Untersuchungsvariablen zu bestimmen, wurden alle FRS und OPG der 30 Probanden je zweimal in mindestens zweiwöchigem Abstand durchgezeichnet und ausgewertet.

Der Methodenfehler (MF) wurde mit der folgenden Formel nach Dahlberg (1940) berechnet:

$$MF = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

d = Differenz zwischen den Doppelmessungen

n = Anzahl der untersuchten Probanden

Die Ergebnisse der Methodenfehlermessung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Totaler Methodenfehler für die Messung skelettaler, alveolärer und dentaler Variablen an Fernröntgenseitenbildern (FRS) und Orthopantomogrammen (OPG). Dargestellt sind die Methodenfehler für den Untersuchungszeitpunkt 1 (FRS1, OPG1), den Untersuchungszeitpunkt 2 (FRS2, OPG2), sowie der Mittelwert des Methodenfehlers der beide Untersuchungszeitpunkte (FRS, OPG).

| Variable | FRS 1 | FRS2 | FRS | OPG 1 | OPG2 | OPG |
|------------------|-------|------|-----|-------|------|-----|
| <i>Skelettal</i> | | | | | | |
| AGH (mm) | 1,2 | 1,6 | 1,4 | 1,7 | 0,9 | 1,3 |
| PGH (mm) | 2,1 | 1,6 | 1,9 | 1,5 | 1,0 | 1,2 |
| ML/RL (Grad) | 1,0 | 1,5 | 1,3 | 1,3 | 1,6 | 1,4 |
| ML/H (Grad) | 2,0 | 1,5 | 1,7 | 1,3 | 1,4 | 1,4 |
| NL/H (Grad) | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 1,9 | 2,1 |
| ML/NL (Grad) | 1,7 | 1,4 | 1,6 | 2,8 | 2,1 | 2,5 |
| <i>Alveolär</i> | | | | | | |
| AHMx (mm) | 1,2 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,5 |
| PHMx (mm) | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,3 |
| AHMn (mm) | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | 1,4 |
| PHMn (mm) | 1,8 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 0,7 | 1,0 |
| <i>Dental</i> | | | | | | |
| is-NL (mm) | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 1,5 | 1,0 | 1,3 |
| isa-NL (mm) | 1,4 | 1,0 | 1,2 | 0,8 | 1,0 | 0,9 |
| ii-ML (mm) | 0,8 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 1,1 |
| ii-a-ML (mm) | 1,9 | 1,7 | 1,8 | 0,7 | 0,9 | 0,8 |
| ms-NL (mm) | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,3 | 1,3 | 1,3 |
| ms-a-NL (mm) | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 1,1 | 1,4 | 1,3 |
| mi-ML (mm) | 0,9 | 0,6 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |
| mi-a-ML (mm) | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 0,9 | 0,9 |

7 Ergebnisse

7.1 Die Kiefermorphologie im FRS und OPG

Die Ergebnisse der metrischen Analyse der FRS und OPG sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt.

Die Auswertung der Mittelwertdifferenz zwischen den einzelnen an FRS und OPG gemessenen Variablen (Tabelle 4, Abbildung 21) zeigte, daß mit Ausnahme der Parameter Gonionwinkel (ML/RL), Kieferbasiswinkel (ML/NL), anteriore Höhe der Maxilla (AHMx) und dem Abstand zwischen dem Apex des am weitesten extrudierten oberen Schneidezahnes und der Linie NL (isa-NL), alle Messungen am OPG höhere Werte aufwiesen. Dabei zeigten die skelettalen Variablen größere Abweichungen als die alveolären und dentalen.

Tabelle 2: Darstellung der an 60 **Fernröntgenseitenbildern** (FRS1, FRS2) von 30 Patienten (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen skelettalen, alveolären und dentalen Variablen. Angegeben sind die Mittelwerte (MW), Maximalwerte (Max), Minimalwerte (Min) und Standardabweichungen (SD).

| Variable | MW | Max | Min | SD |
|------------------|-------|-------|-------|-----|
| <i>Skelettal</i> | | | | |
| AGH (mm) | 85,3 | 99,5 | 75,0 | 5,6 |
| PGH (mm) | 54,8 | 67,0 | 43,0 | 5,1 |
| ML/RL (Grad) | 126,8 | 137,3 | 112,0 | 6,0 |
| ML/H (Grad) | 26,2 | 36,0 | 16,0 | 4,1 |
| NL/H (Grad) | 2,1 | 6,0 | -1,0 | 1,6 |
| ML/NL (Grad) | 24,7 | 36,5 | 15,5 | 4,6 |
| <i>Alveolär</i> | | | | |
| AHMx (mm) | 18,3 | 23,5 | 14,5 | 1,6 |
| PHMx (mm) | 11,5 | 16,5 | 7,5 | 2,6 |
| AHMn (mm) | 30,2 | 37,5 | 24,5 | 3,0 |
| PHMn (mm) | 23,0 | 32,5 | 18,5 | 2,5 |
| <i>Dental</i> | | | | |
| is-NL (mm) | 27,8 | 32,0 | 22,5 | 2,1 |
| isa-NL (mm) | 2,4 | 8,0 | 0,0 | 1,7 |
| ii-ML (mm) | 40,6 | 46,0 | 36,0 | 2,7 |
| iia-ML (mm) | 14,4 | 21,0 | 7,0 | 3,5 |
| ms-NL (mm) | 21,1 | 25,0 | 15,5 | 2,3 |
| msa-NL (mm) | 1,8 | 5,5 | 0,0 | 1,8 |
| mi-ML (mm) | 31,0 | 38,0 | 26,0 | 2,9 |
| mia-ML (mm) | 8,4 | 16,5 | 5,0 | 2,1 |

Tabelle 3: Darstellung der an 60 **Orthopantomogrammen** (OPG1, OPG2) von 30 Patienten (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen skelettalen, alveolären und dentalen Variablen. Angegeben sind die Mittelwerte (MW), Maximalwerte (Max), Minimalwerte (Min) und Standardabweichungen (SD).

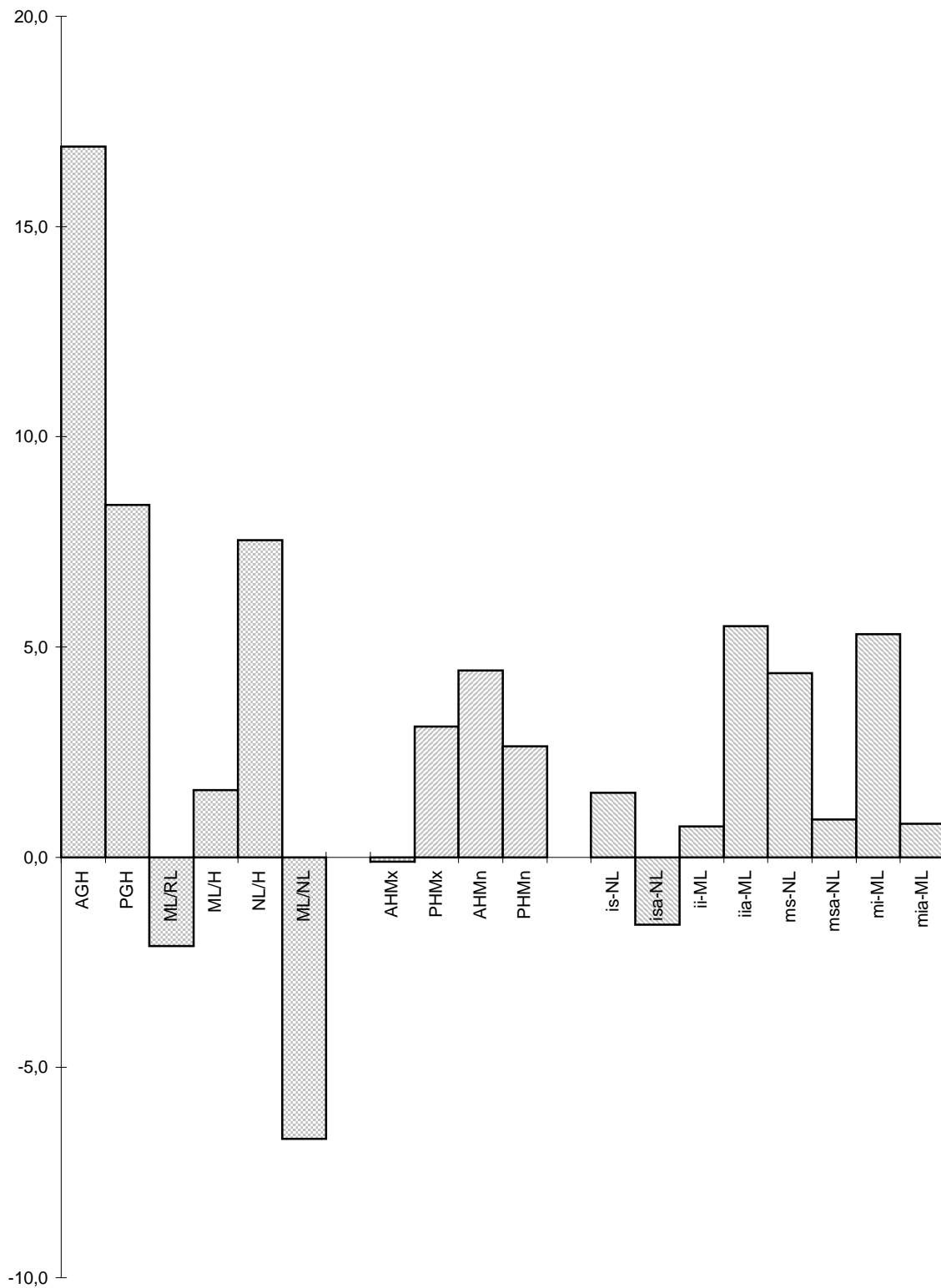
| Variable | MW | Max | Min | SD |
|------------------|-------|-------|-------|-----|
| <i>Skelettal</i> | | | | |
| AGH (mm) | 102,2 | 123,5 | 92,5 | 5,6 |
| PGH (mm) | 63,2 | 81,0 | 45,0 | 6,6 |
| ML/RL (Grad) | 124,7 | 135,0 | 109,0 | 6,2 |
| ML/H (Grad) | 27,8 | 36,5 | 17,0 | 4,3 |
| NL/H (Grad) | 9,6 | 16,0 | 2,0 | 2,8 |
| ML/NL (Grad) | 18,0 | 29,0 | 6,0 | 4,9 |
| <i>Alveolär</i> | | | | |
| AHMx (mm) | 18,2 | 23,0 | 11,5 | 2,6 |
| PHMx (mm) | 14,6 | 21,0 | 9,0 | 3,0 |
| AHMn (mm) | 34,6 | 40,0 | 28,5 | 2,8 |
| PHMn (mm) | 25,6 | 33,0 | 21,0 | 3,2 |
| <i>Dental</i> | | | | |
| is-NL (mm) | 29,3 | 35,5 | 22,0 | 2,8 |
| isa-NL (mm) | 0,8 | 6,8 | 0,0 | 1,4 |
| ii-ML (mm) | 41,3 | 48,5 | 28,5 | 3,8 |
| iia-ML (mm) | 19,9 | 27,0 | 13,5 | 3,1 |
| ms-NL (mm) | 25,5 | 31,5 | 19,0 | 2,7 |
| msa-NL (mm) | 2,7 | 11,0 | 0,0 | 2,4 |
| mi-ML (mm) | 36,3 | 46,0 | 30,5 | 3,6 |
| mia-ML (mm) | 9,2 | 18,0 | 4,0 | 2,9 |

Tabelle 4: Unterschiede zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1, FRS2) und 60 Orthopantomogrammen (OPG1, OPG2) von 30 Patienten (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen skelettalen, alveolären und dentalen Variablen. Angegeben sind die Mittelwerte (MW), die Mittelwertdifferenz zwischen FRS und OPG (MW [d]), und die Standardabweichungen der Differenz (SD[d]).

| Variable | MW FRS | MW OPG | MW [d]* | SD [d] |
|------------------|-----------|-----------|---------|--------|
| | | | OPG-FRS | |
| <i>Skelettal</i> | | | | |
| AGH (mm) | 85,3 | 102,2 | 16,9 | 5,1 |
| PGH (mm) | 54,8 | 63,2 | 8,4 | 3,8 |
| ML/RL (Grad) | 126,8 | 124,7 | -2,1 | 2,7 |
| ML/H (Grad) | 26,2 | 27,8 | 1,6 | 3,5 |
| NL/H (Grad) | 2,1 | 9,6 | 7,5 | 2,7 |
| ML/NL (Grad) | 24,7 | 18,0 | -6,7 | 3,8 |
| <i>Alveolär</i> | | | | |
| AHMx (mm) | 18,3 | 18,2 | -0,1 | 2,3 |
| PHMx (mm) | 11,5 | 14,6 | 3,1 | 1,9 |
| AHMn (mm) | 30,2 | 34,6 | 4,4 | 2,0 |
| PHMn (mm) | 23,0 | 25,6 | 2,6 | 2,0 |
| <i>Dental</i> | | | | |
| is-NL (mm) | 27,8 | 29,3 | 1,5 | 1,8 |
| isa-NL (mm) | 2,4 | 0,8 | -1,6 | 1,5 |
| ii-ML (mm) | 40,6 | 41,3 | 0,7 | 3,5 |
| iia-ML (mm) | 14,4 | 19,9 | 5,5 | 2,3 |
| ms-NL (mm) | 21,1 | 25,5 | 4,4 | 2,0 |
| msa-NL (mm) | 1,8 | 2,7 | 0,9 | 1,8 |
| mi-ML (mm) | 31,0 | 36,3 | 5,3 | 1,8 |
| mia-ML (mm) | 8,4 | 9,2 | 0,8 | 1,9 |

* gerundete Werte

Abb. 21: Darstellung der Mittelwertdifferenz zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1, FRS2) und 60 Orthopantomogrammen (OPG1, OPG2) von 30 Patienten (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen skelettalen, alveolären und dentalen Variablen. Die Differenz (OPG-FRS) ist dargestellt. Angegeben sind die ungerundeten Werte.



7.2 Zusammenhänge zwischen der Kiefermorphologie im FRS und OPG

Die Ergebnisse der Korrelationberechnungen zwischen den an FRS und OPG gemessenen Variablen sind der Tabelle 5 zu entnehmen. Die graphische Darstellung der Korrelation der skelettalen Variablen erfolgt in Abbildung 22-24, der alveolären Variablen in Abbildung 25-26 und der dentalen Variablen in Abbildung 27-30.

Die an FRS und OPG gemessenen Variablen wiesen eine moderate bis hohe Korrelation auf. Die geringsten Zusammenhänge ($r = 0,35$ ***) zeigte der Oberkieferbasiswinkel (NL/H), die größten Zusammenhänge ($r = 0,90$ ***) der Gonionwinkel (ML/RL).

Die Überprüfung möglicher Geschlechtsunterschiede hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen FRS und OPG (Tabelle 6,7) ergab mit Ausnahme der Werte für die anteriore Höhe der Mandibula (AHMn) und den Abstand der Höckerspitze des oberen Molaren zur Linie NL (ms-NL) für den Untersuchungszeitpunkt 1 sowie die posteriore Gesichtshöhe (PGH) für den Untersuchungszeitpunkt 2, keine signifikanten Geschlechtsunterschiede.

Tabelle 5: Zusammenhänge zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und 60 Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) von 30 Patienten (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen skelettalen, alveolären und dentalen Variablen. Angegeben sind der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert.

| Variable | r | p-Wert |
|------------------|------|--------|
| <i>Skelettal</i> | | |
| AGH (mm) | 0,59 | *** |
| PGH (mm) | 0,82 | *** |
| ML/RL (Grad) | 0,90 | *** |
| ML/H (Grad) | 0,65 | *** |
| NL/H (Grad) | 0,35 | *** |
| ML/NL (Grad) | 0,68 | *** |
| <i>Alveolär</i> | | |
| AHMx (mm) | 0,50 | n.s. |
| PHMx (mm) | 0,78 | *** |
| AHMn (mm) | 0,76 | *** |
| PHMn (mm) | 0,77 | *** |
| <i>Dental</i> | | |
| is-NL (mm) | 0,76 | *** |
| isa-NL (mm) | 0,56 | *** |
| ii-ML (mm) | 0,48 | n.s. |
| iia-ML (mm) | 0,75 | *** |
| ms-NL (mm) | 0,70 | *** |
| msa-NL (mm) | 0,69 | *** |
| mi-ML (mm) | 0,87 | *** |
| mia-ML (mm) | 0,76 | ** |

*** = $p < 0,001$

** = $p < 0,01$

n.s. = nicht signifikant

Abb. 22: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **skelettalen** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter anteriore (**AGH**) und posteriore (**PGH**) Gesichtshöhe. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

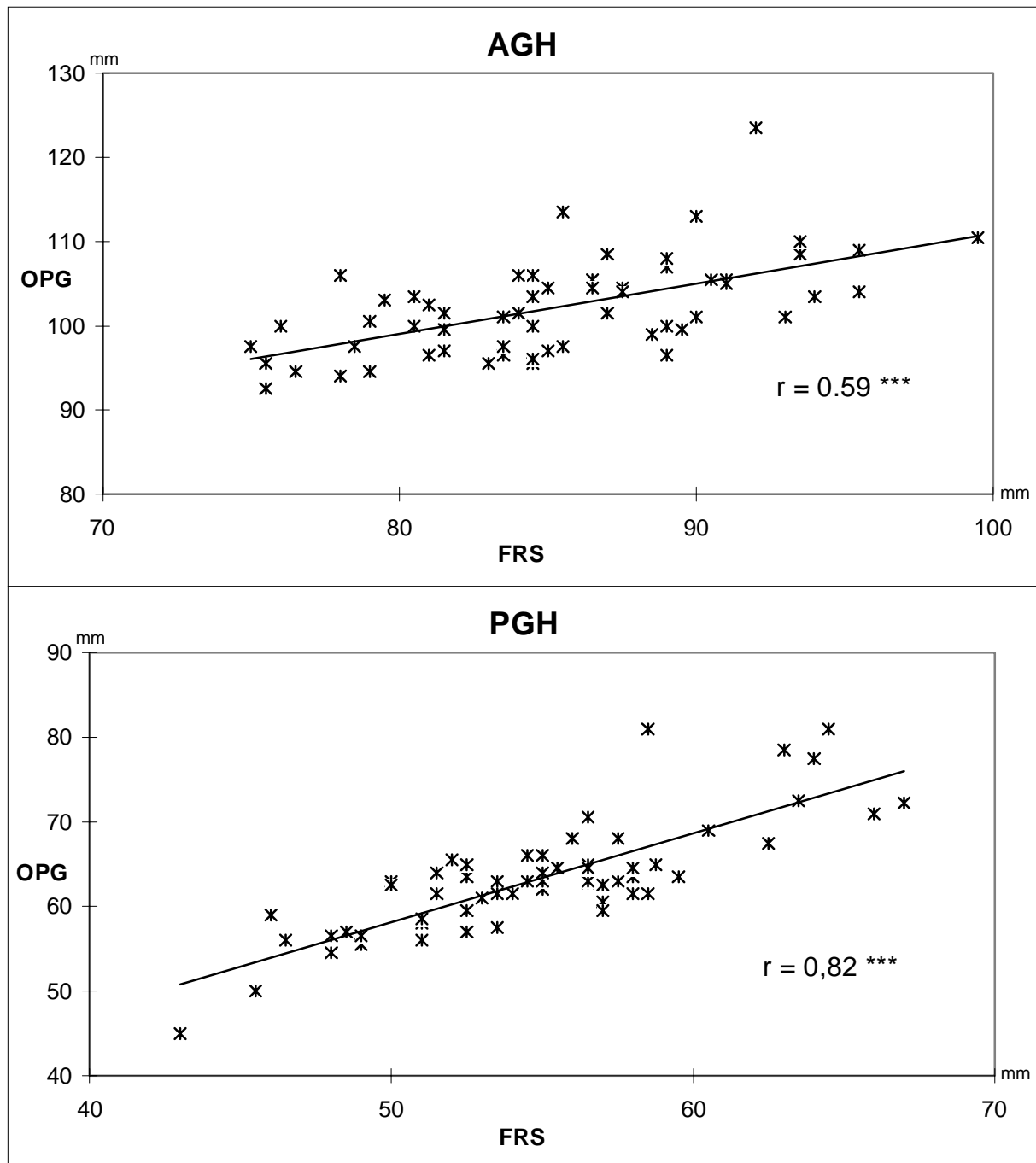


Abb. 23: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **skelettalen** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter Gonionwinkel (**ML/RL**) und Mandibularbasiswinkel (**ML/H**). Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

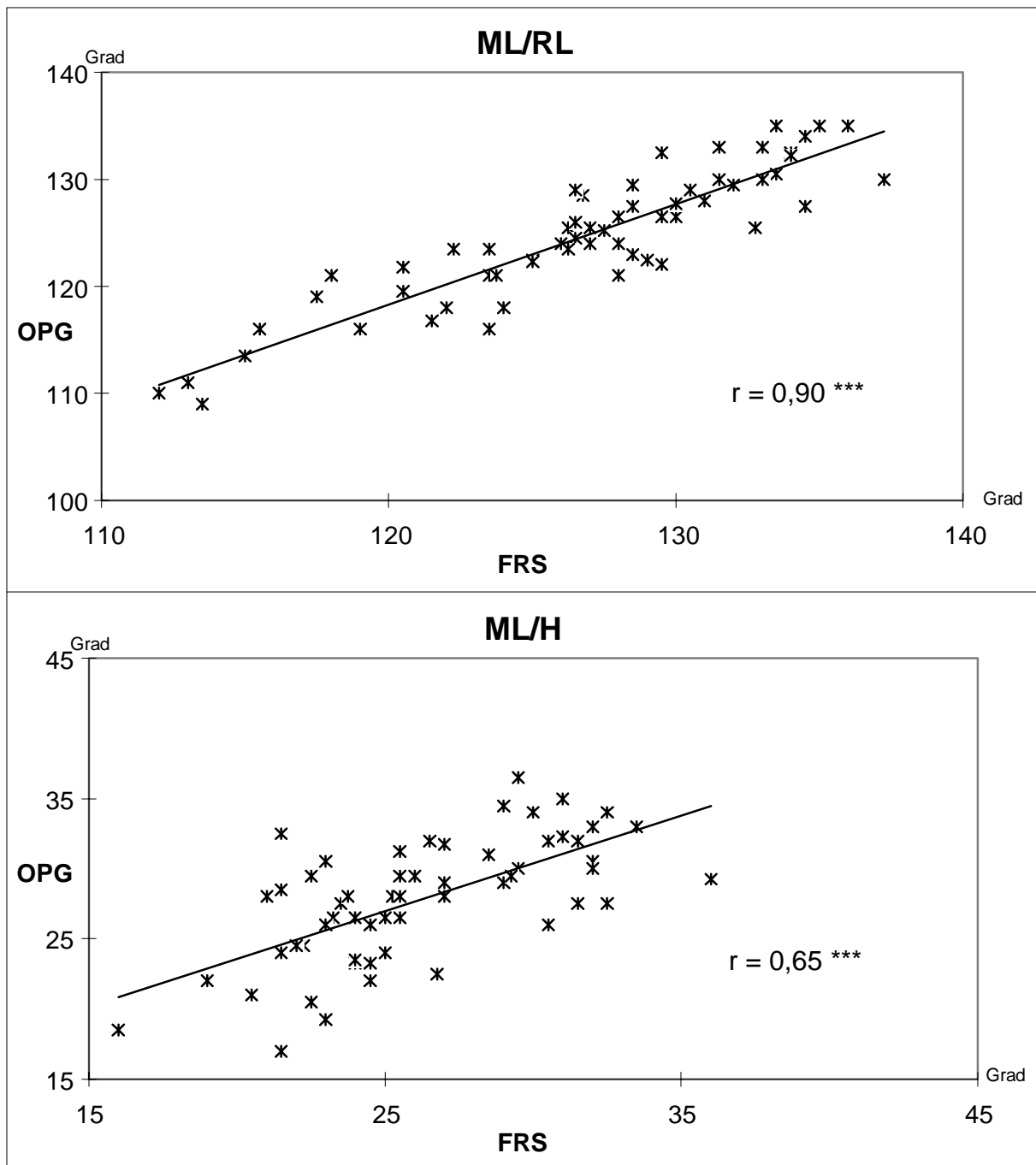


Abb. 24: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **skelettalen** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter Oberkieferbasiswinkel (NL/H) und Kieferbasiswinkel (ML/NL). Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

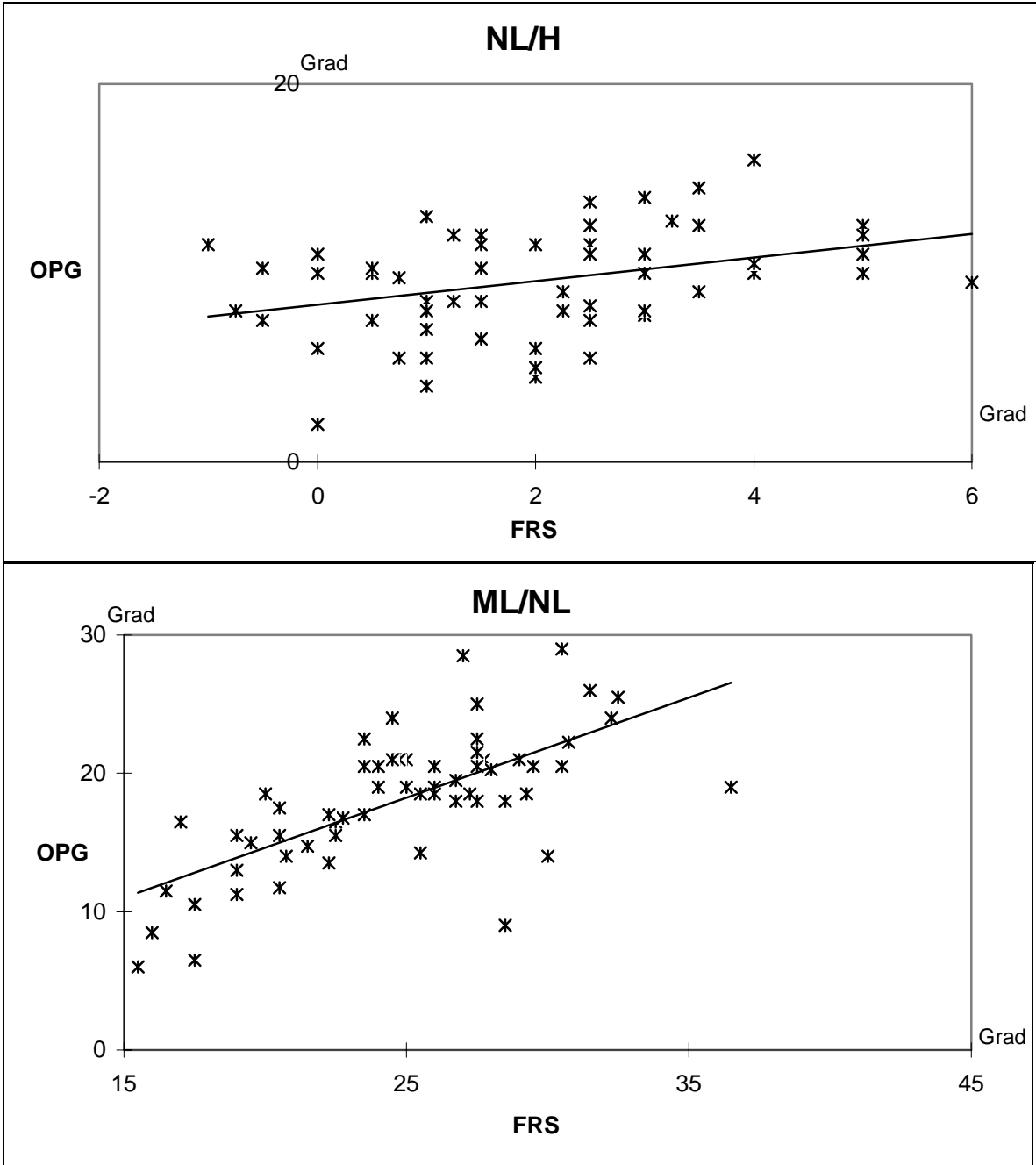


Abb. 25: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **alveolären** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter anteriore (**AHMx**) und posteriore (**PHMx**) Höhe der Maxilla. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

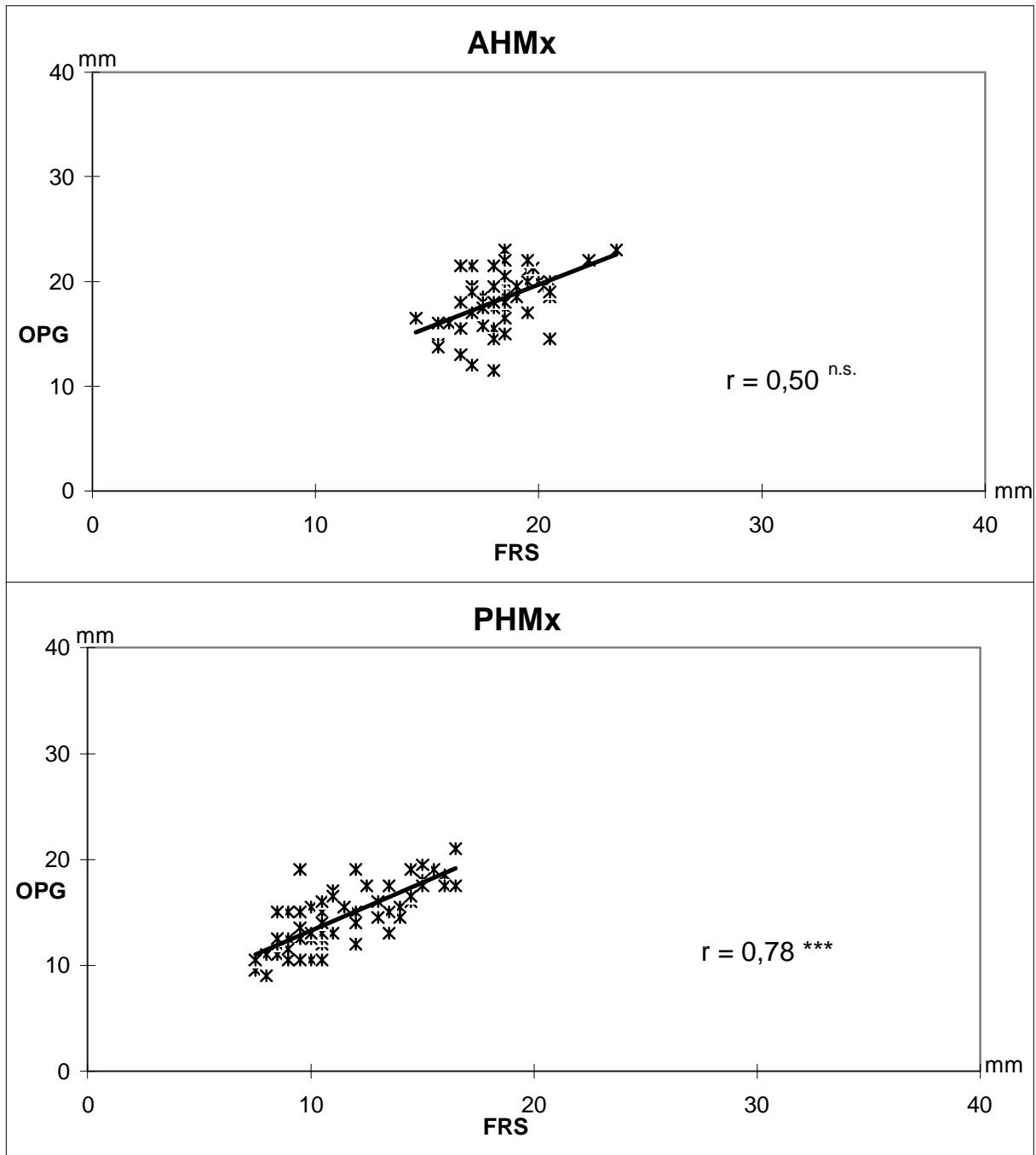


Abb. 26: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **alveolären** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter anteriore (**AHMn**) und posteriore (**PHMn**) Höhe der Mandibula. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

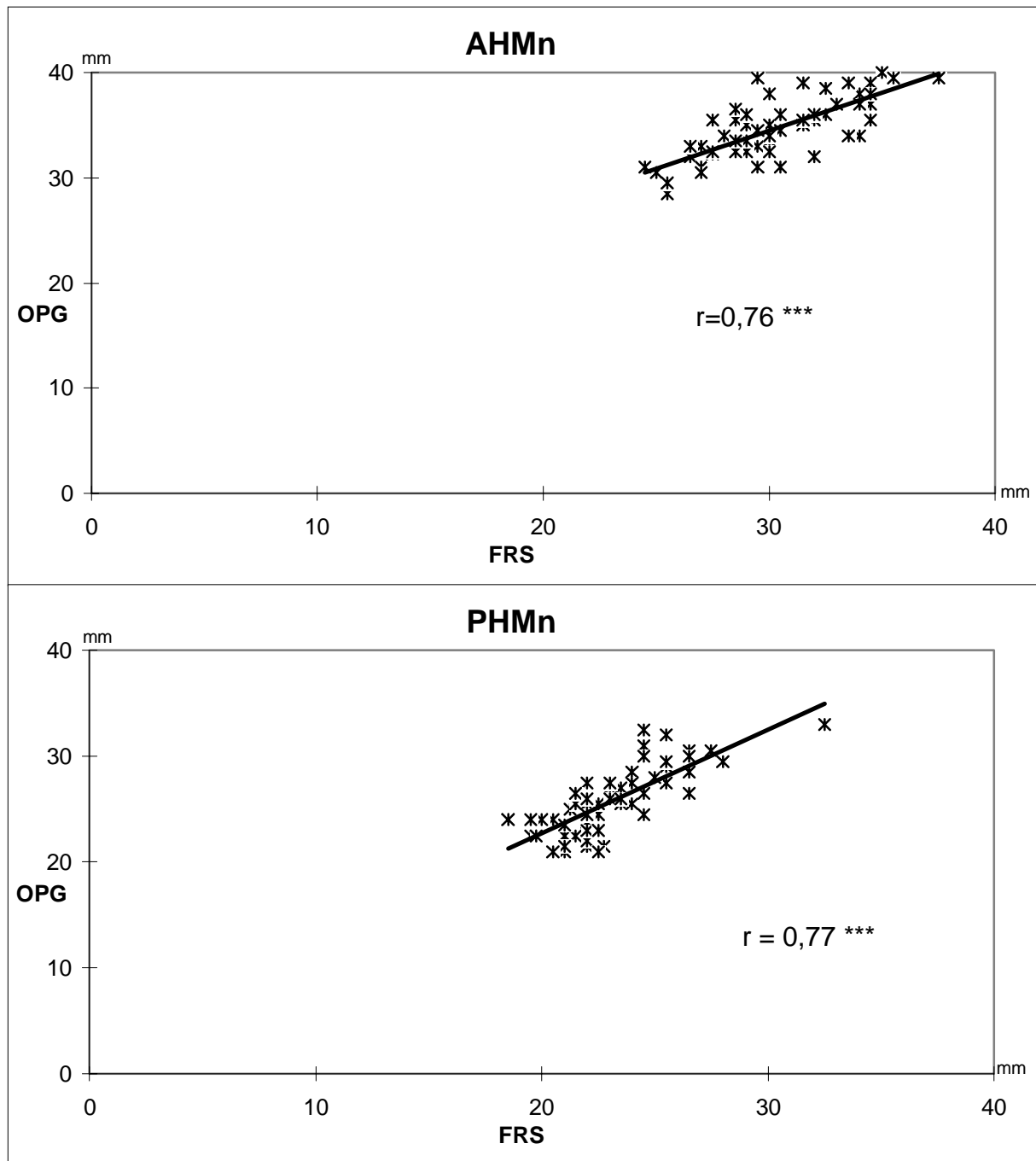


Abb. 27: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **dentalen** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter **is-NL** und **isa-NL**. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p -Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

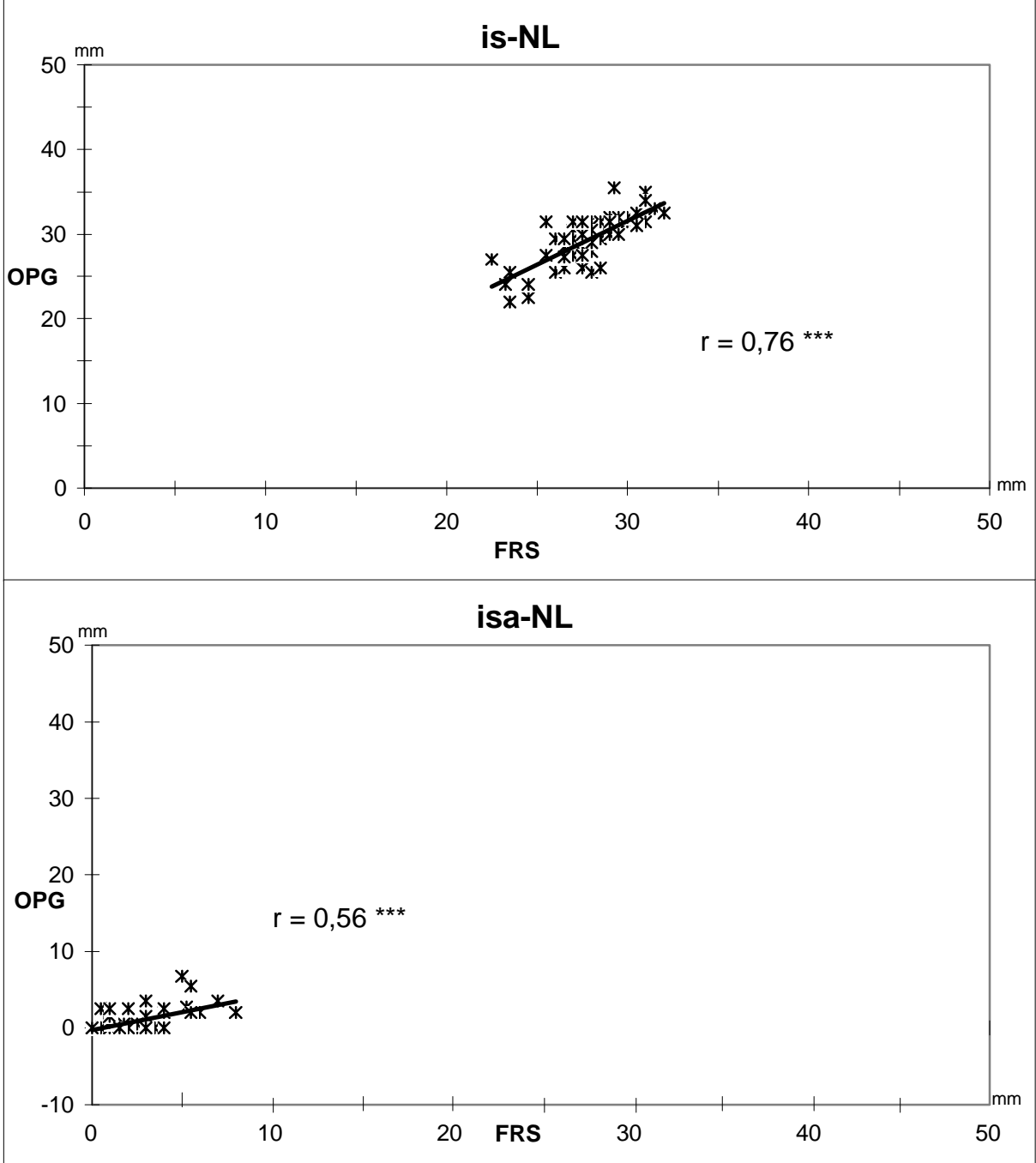


Abb. 28: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **dentalen** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter **ii-ML** und **ia-ML**. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

n.s. = nicht signifikant

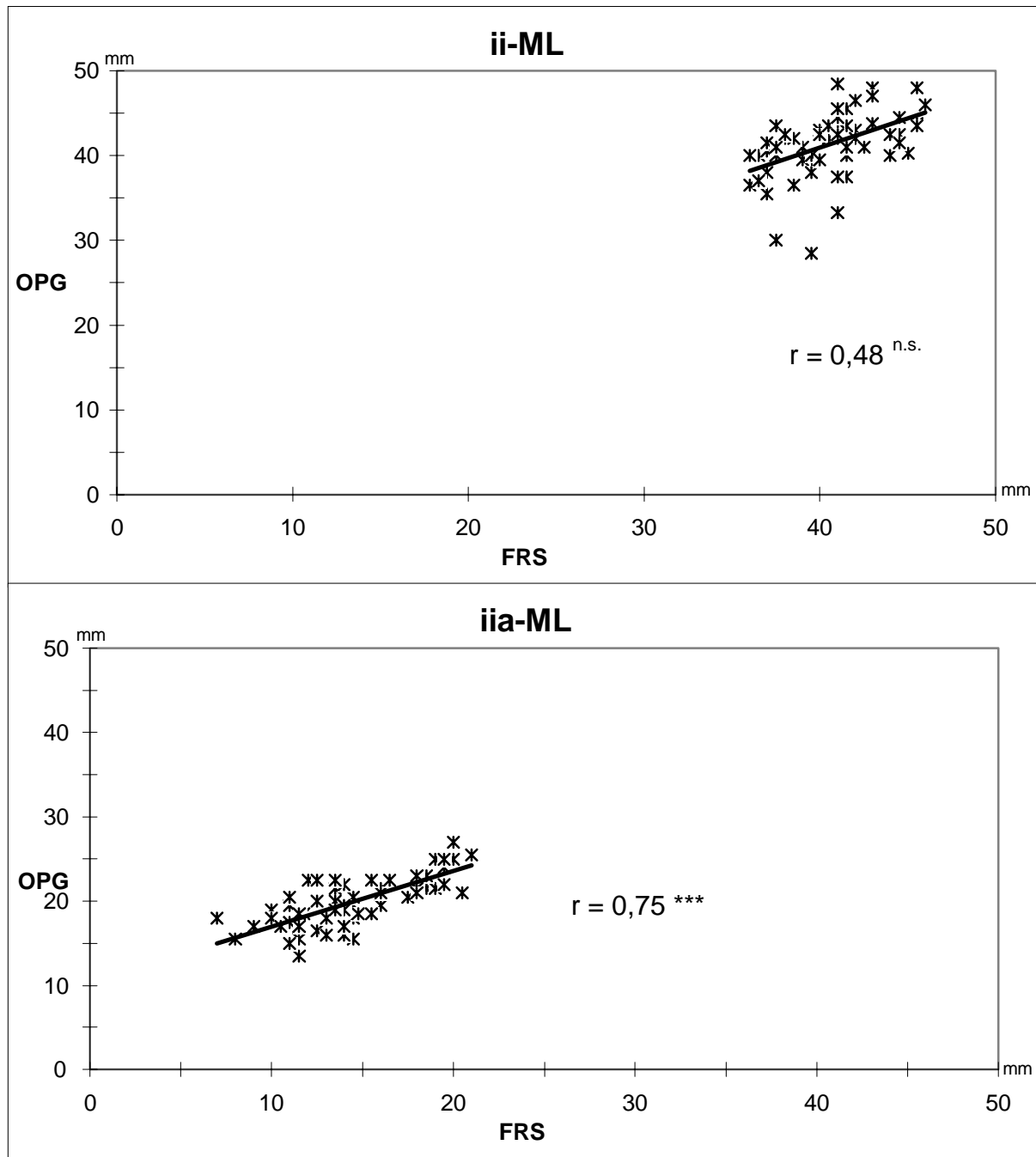


Abb. 29: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **dentalen** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter **ms-NL** und **msa-NL**. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p -Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

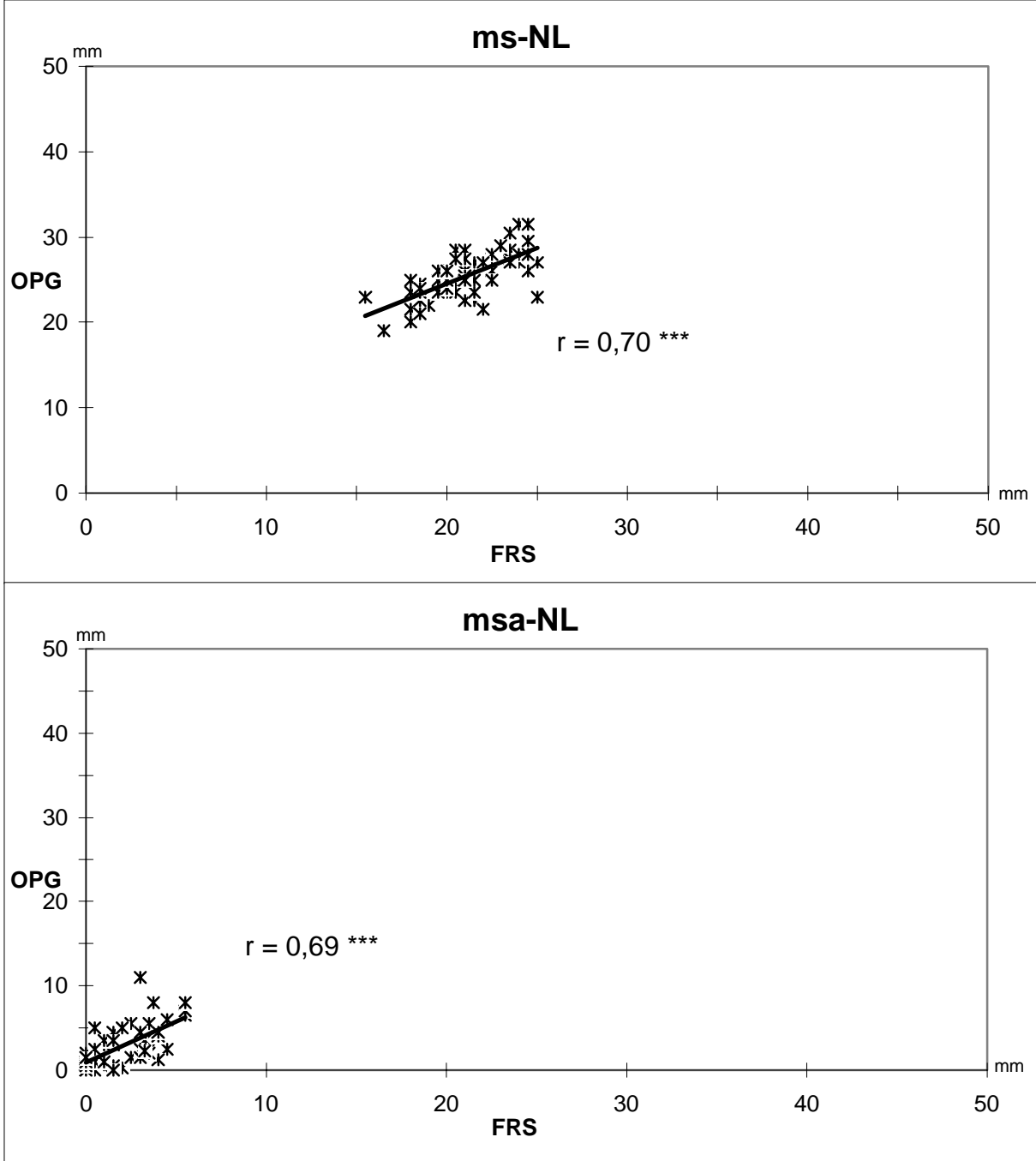


Abb. 30: Zusammenhang zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern (FRS1+FRS2) und Orthopantomogrammen (OPG1+OPG2) der 30 Probanden (15 weiblichen, 15 männlichen) gemessenen **dentalen** Parametern (Grad bzw. Millimeter). Dargestellt sind die Parameter **mi-ML** und **mia-ML**. Der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert sind angegeben.

*** = $p < 0,001$

** = $p < 0,01$

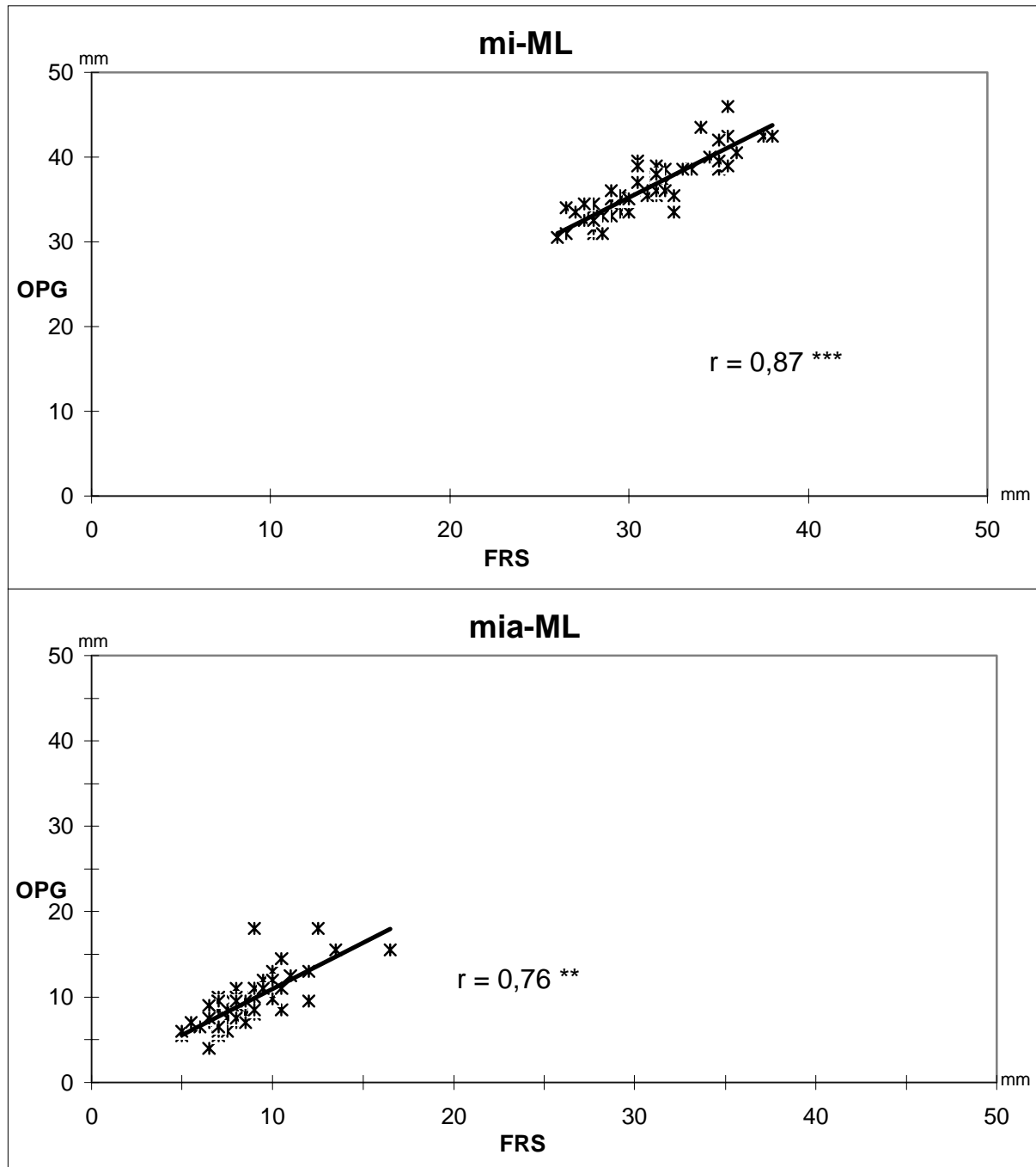


Tabelle 6: Geschlechtsunterschied hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den an 30 FRS und OPG des Untersuchungszeitpunktes 1 der 15 männlichen (**m**) und 15 weibliche (**w**) Probanden gemessenen Variablen. Angegeben sind die Korrelationskoeffizienten nach Pearson (**r**) und der p-Wert der Fisher`schen Z-Transformation.

| Variable | r (m) | r (w) | p-Wert |
|------------------|-------|-------|--------|
| <i>Skelettal</i> | | | |
| AGH (mm) | 0,42 | 0,82 | n.s |
| PGH (mm) | 0,83 | 0,84 | n.s |
| ML/RL (Grad) | 0,89 | 0,88 | n.s |
| ML/H (Grad) | 0,67 | 0,74 | n.s |
| NL/H (Grad) | -0,02 | 0,59 | n.s |
| ML/NL (Grad) | 0,72 | 0,61 | n.s |
| <i>Alveolär</i> | | | |
| AHMx (mm) | 0,35 | 0,46 | n.s |
| PHMx (mm) | 0,54 | 0,90 | n.s |
| AHMn (mm) | 0,48 | 0,93 | ** |
| PHMn (mm) | 0,75 | 0,82 | n.s |
| <i>Dental</i> | | | |
| is-NL (mm) | 0,80 | 0,65 | n.s |
| isa-NL (mm) | 0,70 | 0,48 | n.s |
| ii-ML (mm) | 0,26 | 0,78 | n.s |
| ii-a-ML (mm) | 0,66 | 0,85 | n.s |
| ms-NL (mm) | 0,37 | 0,86 | * |
| msa-NL (mm) | 0,46 | 0,64 | n.s |
| mi-ML (mm) | 0,91 | 0,89 | n.s |
| mia-ML (mm) | 0,69 | 0,89 | n.s |

Tabelle 7: Geschlechtsunterschied hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den an 30 FRS und OPG des Untersuchungszeitpunktes 2 der 15 männlichen (**m**) und 15 weibliche (**w**) Probanden gemessenen Variablen. Angegeben sind die Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert der Fisher'schen Z-Transformation.

| Variable | r (m) | r (w) | p-Wert |
|------------------|-------|-------|--------|
| <i>Skelettal</i> | | | |
| AGH (mm) | 0,48 | 0,64 | n.s |
| PGH (mm) | 0,83 | 0,67 | * |
| ML/RL (Grad) | 0,96 | 0,90 | n.s |
| ML/H (Grad) | 0,59 | 0,64 | n.s |
| NL/H (Grad) | 0,12 | 0,61 | n.s |
| ML/NL (Grad) | 0,66 | 0,83 | n.s |
| <i>Alveolär</i> | | | |
| AHMx (mm) | 0,70 | 0,54 | n.s |
| PHMx (mm) | 0,79 | 0,57 | n.s |
| AHMn (mm) | 0,83 | 0,63 | n.s |
| PHMn (mm) | 0,78 | 0,76 | n.s |
| <i>Dental</i> | | | |
| is-NL (mm) | 0,80 | 0,82 | n.s |
| isa-NL (mm) | 0,67 | 0,60 | n.s |
| ii-ML (mm) | 0,54 | 0,45 | n.s |
| ii-a-ML (mm) | 0,77 | 0,65 | n.s |
| ms-NL (mm) | 0,85 | 0,50 | n.s |
| ms-a-NL (mm) | 0,72 | 0,74 | n.s |
| mi-ML (mm) | 0,85 | 0,83 | n.s |
| mi-a-ML (mm) | 0,69 | 0,74 | n.s |

7.3 Wachstums- und Behandlungsveränderungen im FRS und OPG

Die Ergebnisse der Auswertung der Wachstums- und Behandlungsveränderungen im OPG und FRS sind Tabelle 8 und Abbildung 31 zu entnehmen.

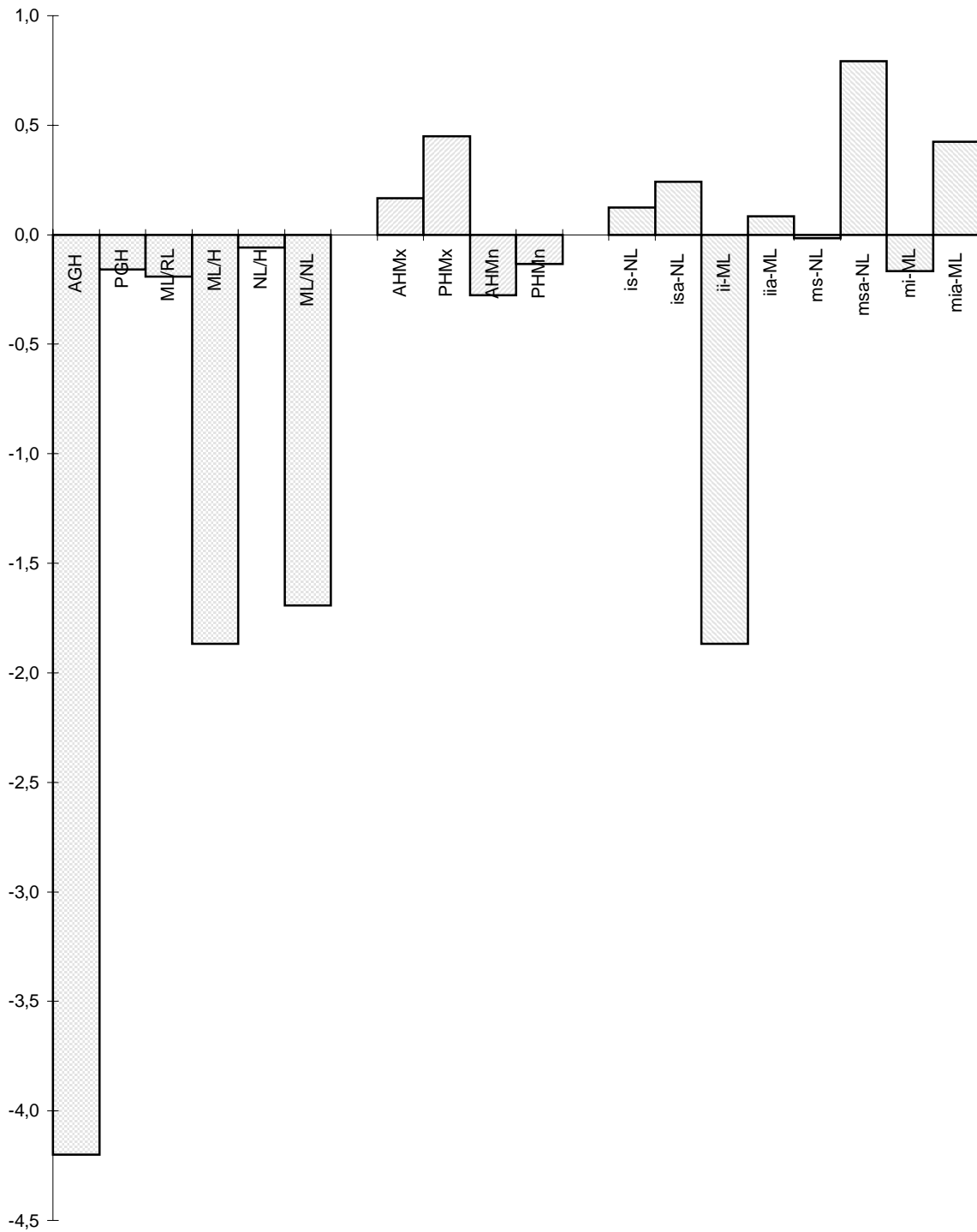
Es zeigte sich, daß die Mittelwertdifferenz zwischen den an FRS und OPG gemessenen Veränderungen mit Ausnahme der Parameter anteriore Gesichtshöhe (AGH), Mandibularbasiswinkel (ML/H), Kieferbasiswinkel (ML/NL) und dem Abstand der Schneidekante des unteren Incisivus zur Linie ML (ii-ML) nur geringe Differenzen (MW (d) = 0,0-0,8 mm bzw. 0,1-0,2°) aufwiesen. Jedoch zeigte sich eine große Streuung.

Tabelle 8: Unterschied zwischen den an 60 FRS und 60 OPG von 30 Patienten (15 weiblichen, 15 männlichen) ermittelten Wachstums- und Behandlungsveränderungen zwischen den Untersuchungszeitpunkten 1 und 2 (FRS2-FRS1,OPG2-OPG1). Die Mittelwerte (MW), die Mittelwertdifferenz (MW [d]), die Maximaldifferenz (Max [d]), die Minimaldifferenz (Min[d]) und die Standardabweichungen der Differenz (SD [d]) sind angegeben.

| Variable | MW | MW | MW [d]* | Max [d] | Min [d] | SD [d] |
|------------------|-----------|-----------|---------------|---------|---------|--------|
| | FRS2-FRS1 | OPG2-OPG1 | OPG[d]-FRS[d] | | | |
| <i>Skelettal</i> | | | | | | |
| AGH (mm) | 5,1 | 0,9 | -4,2 | 31,5 | 7,5 | 5,1 |
| PGH (mm) | 3,6 | 3,5 | -0,2 | 22,5 | 2,0 | 3,8 |
| ML/RL (Grad) | -0,8 | -1,0 | -0,2 | 3,0 | -7,5 | 2,7 |
| ML/H (Grad) | 0,1 | -1,8 | -1,9 | 11,0 | -6,8 | 3,5 |
| NL/H (Grad) | 0,1 | 0,0 | -0,1 | 12,5 | 2,0 | 2,7 |
| ML/NL (Grad) | 0,2 | -1,5 | -1,7 | 1,5 | -19,5 | 3,8 |
| <i>Alveolär</i> | | | | | | |
| AHMx (mm) | 0,9 | 1,0 | 0,2 | 5,0 | -6,5 | 2,3 |
| PHMx (mm) | 2,3 | 2,8 | 0,5 | 9,5 | -0,5 | 1,9 |
| AHMn (mm) | 1,7 | 1,5 | -0,3 | 10,0 | 0,0 | 2,0 |
| PHMn (mm) | 0,7 | 0,6 | -0,1 | 8,0 | -1,5 | 2,0 |
| <i>Dental</i> | | | | | | |
| is-NL (mm) | 0,9 | 1,0 | 0,1 | 6,3 | -2,5 | 1,8 |
| isa-NL (mm) | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 2,0 | -6,0 | 1,5 |
| ii-ML (mm) | 1,7 | -0,2 | -1,9 | 7,5 | -11,0 | 3,5 |
| ii-a-ML (mm) | 1,7 | 1,8 | 0,1 | 11,0 | 0,5 | 2,3 |
| ms-NL (mm) | 2,0 | 2,0 | 0,0 | 8,0 | -2,0 | 2,0 |
| msa-NL (mm) | 0,8 | 1,6 | 0,8 | 8,0 | -2,8 | 1,8 |
| mi-ML (mm) | 1,5 | 1,3 | -0,2 | 10,5 | 1,0 | 1,8 |
| mia-ML (mm) | 0,9 | 1,3 | 0,4 | 9,0 | -2,5 | 1,9 |

* gerundete Werte

Abb. 31: Darstellung der Unterschiede (MW[d]) hinsichtlich der Wachstums- und Behandlungsveränderungen zwischen den Untersuchungszeitpunkten 1 und 2 (FRS2-FRS1,OPG2-OPG1).Angegeben sind die ungerundeten Werte.



7.4 Zusammenhänge zwischen den im FRS und OPG gemessenen Wachstums- und Behandlungsveränderungen

Die Ergebnisse der Korrelationsberechnung zwischen den an FRS und OPG gemessenen Wachstums- und Behandlungsveränderungen sind in Tabelle 9 dargestellt.

Die an FRS und OPG gemessenen Veränderungen zeigten schwache bis moderate, in den meisten Fällen nicht signifikante Zusammenhänge. Die anteriore Gesichtshöhe (AGH; $r = 0,43$ ***) und der Kieferbasiswinkel (ML/NL; $r = 0,35$ **) wiesen die größten Zusammenhänge auf. Einen umgekehrt proportionalen Zusammenhang ($r = -0,21$ *) zeigte der Abstand der Schneidekante des unteren Incisivus zur Linie ML (ii-ML).

Tabelle 9: Zusammenhänge zwischen den an 60 Fernröntgenseitenbildern und 60 Orthopantomogrammen von 30 Patienten (15 weiblichen, 15 männlichen) ermittelten, zwischen den Untersuchungszeitpunkten 1 und 2 aufgetretenen Variablenveränderungen (FRS2-FRS1,OPG2-OPG1). Dargestellt sind der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r) und der p-Wert.

| Variable | r | P-Wert |
|------------------|-------|--------|
| <i>Skelettal</i> | | |
| AGH (mm) | 0,43 | *** |
| PGH (mm) | 0,17 | n.s. |
| ML/RL (Grad) | 0,33 | n.s. |
| ML/H (Grad) | 0,06 | * |
| NL/H (Grad) | 0,04 | n.s. |
| ML/NL (Grad) | 0,35 | ** |
| <i>Alveolär</i> | | |
| AHMx (mm) | 0,16 | n.s. |
| PHMx (mm) | 0,47 | n.s. |
| AHMn (mm) | 0,44 | n.s. |
| PHMn (mm) | 0,12 | n.s. |
| <i>Dental</i> | | |
| is-NL (mm) | 0,56 | n.s. |
| isa-NL (mm) | 0,16 | n.s. |
| ii-ML (mm) | -0,21 | * |
| ia-ML (mm) | 0,31 | n.s. |
| ms-NL (mm) | 0,29 | n.s. |
| msa-NL (mm) | 0,21 | n.s. |
| mi-ML (mm) | 0,49 | n.s. |
| mia-ML (mm) | 0,41 | n.s. |

*** = $p < 0,001$

** = $p < 0,01$

* = $p < 0,05$

n.s. = nicht signifikant

8 Diskussion

Für den Zahnarzt ist ein Übersichtsbild seines Arbeitsgebietes von großem Interesse. Die korrekte Darstellung der vorhandenen Zahnanlagen, ihrer Lage und Durchbruchsrichtung, der Größenverhältnisse zwischen Milchzähnen und bleibenden Zähnen sowie des Entwicklungszustandes der Dentition ist speziell in der kieferorthopädischen Praxis von Bedeutung. Hohe Ansprüche an die diagnostische Information von Röntgenbildern haben zur Entwicklung metrischer Röntgenbildanalysen geführt. So gehört die kephalometrische Auswertung von Fernröntgenseitenbildern (FRS) zur kieferorthopädischen Routinediagnostik. Im Gegensatz zum FRS, bei dem, aufnahmetechnisch bedingt, die rechte und linke Kieferhälfte überlagert dargestellt werden, ermöglicht das Orthopantomogramm (OPG) die getrennte Darstellung beider Kieferhälften und wird somit den oben genannten Anforderungen gerecht.

Eine metrische Analyse von Orthopantomogrammen in Anlehnung an die Ausmessung von Fernröntgenseitenbildern wäre daher aus vielfacher Sicht interessant:

1. man erhält, wie schon erwähnt, einen seitengetrenten Überblick über die Zähne und die Kiefer,
2. im Vergleich mit biometrischen Normwerten könnten therapiebestimmende oder prognostische Aussagen abgeleitet und Asymmetrien darstellt werden,
3. des weiteren könnten wachstums- und therapiebedingte Veränderungen sichtbar gemacht werden.

Dadurch könnte einem Patienten möglicherweise ein zusätzliches Fernröntgenseitenbild erspart und die Strahlenbelastung reduziert werden.

Das OPG ist wegen der zwischen den Kieferbereichen variierenden Vergrößerung und Verzerrung bisher nur versuchsweise zu solchen analytischen Ausmessungen herangezogen worden.²¹ Das Ausmaß der linearen Verzeichnung wird von Projektionsfaktoren, namentlich den Abständen zwischen Fokus, Objekt und Film, sowie der der Orthopantomographie eigenen gegenseitigen Bewegung von Objekt und Film beeinflusst.²⁰ Während die Verzeichnung in der

Vertikalebene lediglich durch Projektionsfaktoren beeinflusst wird, spielen bei der Darstellung der Horizontalebene sowohl Projektions- als auch Bewegungsfaktoren eine Rolle.¹⁸

Daher war es Ziel der vorliegenden Untersuchung die metrische Analyse vertikaler skelettaler, alveolärer und dentaler Parameter anhand von FRS und OPG zu vergleichen.

Zur metrischen Auswertung der OPG wurde die an der Abteilung für Kieferorthopädie der Justus-Liebig Universität verwendete kephalometrische Analyse für FRS derart modifiziert, daß die zur Anwendung kommenden Referenzpunkte sowohl am OPG als auch am FRS lokalisierbar sind.

Zur Reduzierung des Methodenfehlers wurde die Auswertung der FRS und OPG ausschließlich durch einen Untersucher durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Größe des Methodenfehlers in der vorliegenden Untersuchung klein und das Ausmaß zwischen FRS und OPG vergleichbar war.

8.1 ERGEBNISSE

Die Analyse der FRS und OPG zeigte, daß die Messungen am OPG mit Ausnahme der Parameter ML/RL, ML/NL, AHMx und isa-NL höhere Werte als die Messungen am FRS aufwiesen, wobei die skelettalen Parameter größere Abweichungen zeigten als die alveolären und dentalen. Dieser Unterschied in der Größe der Meßwerte ist auf die zwischen den beiden Aufnahmetechniken differierenden Vergrößerungsgrade von 22,5-28% für das OPG¹¹ und 10% für das FRS zurückzuführen.

Wie Wangerin²¹ zeigen konnte, ist der laterale Bildrand beim OPG, in dem gewöhnlich der Hinterrand des aufsteigenden Unterkieferastes, der Gelenkfortsatz und das Gelenkköpfchen abgebildet werden, besonders stark anfällig für Verzerrungen in horizontaler und vertikaler Richtung. Des weiteren konnten Samawi und Burke¹⁴ feststellen, daß skelettale Referenzpunkte im unteren Bereich des OPG relativ stabil und zuverlässig sind, während skelettale Referenzpunkte im oberen Bereich des OPG anfällig für Verprojizierungen sind. Diese Tatsachen erklären die höhere Variabilität der skelettalen gegenüber den alveolären und dentalen Parametern in der vorliegenden Studie.

In Übereinstimmung mit den Resultaten von Breier et al. ¹ konnten moderate bis hohe ($r = 0,35-0,90$) in den meisten Fällen signifikante ($p < 0,01$; $p < 0,001$) Zusammenhänge zwischen den an FRS und OPG gemessenen skelettalen, alveolären und dentalen Parametern festgestellt werden. Den höchsten Zusammenhang ($r = 0,90^{***}$) zeigte dabei der Gonionwinkel (ML/RL). Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen von Mattila et al. ⁸ und Koeppel ⁶ überein.

Die Überprüfung möglicher Geschlechtsunterschiede der Zusammenhänge der an FRS und OPG gemessenen Parameter ergab für den Untersuchungszeitpunkt 1 (vor der Behandlung) lediglich für zwei Parameter (AHMx und ms-NL) und für den Untersuchungszeitpunkt 2 (nach durchschnittlich 2,5 Jahren Behandlung) lediglich für einen Parameter (PGH) statistisch signifikante Unterschiede. Diese Unterschiede schienen eher zufälliger als systematischer Natur zu sein, weshalb keine weitere nach Geschlechtern getrennte Auswertung erfolgte.

Der Vergleich der an FRS und OPG ermittelten Wachstums- und Behandlungsveränderungen ergab mit Ausnahme der Parameter AGH, ML/H und ii-ML eine geringe Mittelwertdifferenz bei jedoch sehr großer Streuung, die sich in schwachen bis moderaten meist nicht signifikanten Zusammenhängen zwischen den an FRS und OPG gemessenen Wachstums- und Behandlungsveränderungen widerspiegelte.

Die Ursache für die große Streuung und die daraus resultierenden geringen Zusammenhänge liegt vermutlich in dem auch bei idealer Patientenpositionierung unterschiedlich vergrößerten und verzerrten Bildanteilen beim OPG.²¹ Des Weiteren ist das OPG im Vergleich zum FRS anfälliger für Einstellungsfehler.⁷ Beim FRS findet man Einstellfehler hauptsächlich im Sinne einer leichten Drehung des Kopfes um die transversale Achse zwischen den beiden Ohrläppchen, was lediglich eine Änderung der Orientierung des Kopfes (Ante- bzw. Retroklination) auf dem Bild zur Folge hat. Beim OPG dagegen hat eine falsche Kopfposition zur Folge, daß bestimmte Bereiche der Dentition und der Kiefer nicht exakt in der Abbildungsebene zentriert sind. Daraus ergeben sich Abbildungsunschärfen, die einzelnen Schädelabschnitte werden nicht orthoradial projiziert und die Größenwiedergabe ist nicht korrekt.^{11 14 13} Wie bereits Zäschke und Schopf ¹⁶ zeigten, war es bei wiederholten Aufnahmen trotz sorgfältigster Einstellung des Kopfes nicht möglich situationsgleiche OPG zu erstellen.

Entgegen der Meinung anderer Autoren^{6 8 14 22} läßt sich aus den vorliegenden Ergebnissen schließen, daß das OPG für eine metrische Auswertung vertikaler Parameter nicht geeignet ist, da eine metrische Auswertung einer Röntgenaufnahme nur sinnvoll ist, wenn auch wachstums- und therapiebedingte Veränderungen exakt wiedergegeben werden.

9 Schlußfolgerung

Die vorliegende Untersuchung konnte zeigen, daß das Orthopantomogramm für eine metrische Analyse vertikaler skelettaler, alveolärer und dentaler Parameter nicht geeignet ist, da aufgrund der großen Variabilität der Bildqualität (Verzerrung und Vergrößerung) im klinischen Alltag Wachstums- und Behandlungsveränderungen nicht exakt wiedergegeben werden.

10 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung wurden am selben Tag erstellte Fernröntgenseitenbilder (FRS) und Orthopantomogramme (OPG) von 30 Patienten ausgewertet. Von jedem Patienten lagen Aufnahmen von vor und nach durchschnittlich 2,5 Jahren kieferorthopädischer Behandlung vor. Ziel der Untersuchung war es die Zuverlässigkeit einer metrischen orthopantomographischen Analyse vertikaler skelettaler und dentoalveolärer Parameter zu überprüfen.

Zu diesem Zweck wurde eine modifizierte "kephalometrische" Analyse entwickelt, die auf vergleichbaren, sowohl am FRS als auch am OPG lokalisierbaren Referenzpunkte basiert.

Die Untersuchung ergab folgende Resultate:

1. Die am OPG gemessenen Parameter wiesen höhere Werte auf (Ausnahme: ML/RL, ML/NL, AHMx und isa-NL) als die analogen FRS-Parameter.
2. Der Vergleich der an OPG und FRS gemessenen Werte ergab moderate bis hohe ($r=0,35-0,90$) in den meisten Fällen signifikante ($p<0,01$; $p<0,001$) Zusammenhänge.
3. Es lag kein systematischer Geschlechtsunterschied der Zusammenhänge vor.
4. Die Auswertung der Wachstums- und Behandlungsveränderungen zeigte nur geringe Mittelwertdifferenzen zwischen OPG und FRS, jedoch war die Streuung sehr groß.
5. Es lag kein Zusammenhang zwischen den an OPG und FRS gemessenen Wachstums- und Behandlungsveränderungen vor.

Aus den o.g. Ergebnissen läßt sich schließen, daß das OPG für eine metrische Analyse vertikaler skelettaler, alveolärer und dentaler Parameter nicht geeignet ist.

11 Summary

In the present investigation lateral headfilms (LH) and orthopantomograms (OPG) of 30 patients were analyzed. The roentgenograms had been taken the same day both before and after an average treatment period of 2.5 years. The study aimed at analyzing the reliability of a metrical orthopantomographic analysis of vertical skeletal and dentoalveolar parameters.

A modified "cephalometric" analysis based on comparable reference points, which could be localized both on the LH and OPG the, was developed.

The investigation revealed the following:

1. The measurement of the different OPG parameters showed higher values (except for: ML/RL, ML/NL, AHMx and isa-NL) than the corresponding LH parameters.
2. The comparison of the OPG and LH measurements revealed moderate to high ($r=0.35-0.90$) in most cases significant ($p<0.01$, $p<0.001$) interrelations.
3. No systematic gender difference was found for the interrelations.
4. The analysis of the growth and treatment changes showed only small mean value differences. The standard deviations, however, were very large.
5. No interrelation could be found for the growth and treatment changes measured on the OPG and LH.

From these results it was concluded, that the OPG is not reliable for a metric analysis of vertical skeletal, alveolar and dental parameters.

12 Literaturverzeichnis

1. Breier, M., Schwarze, C., Mansfeld, P., Buchheister, B.

Ist der vertikale Aufbau des Schädels durch eine metrische Analyse des Orthopantomogramms erkennbar?

Posterdemonstration, Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie, Rostock, (1996).

2. Dahan, J.

Diagnostische Fehler in der metrischen Auswertung der Röntgenaufnahmen.

Dtsch. Zahnärztl. Z., 29, 331-340, (1974).

3. Dahan, J., Jesdinsky, H.-J.

Die Bewertung des Orthopantomogramms für kephalometrische Untersuchungen in der Kieferorthopädie.

Stoma, Heidelberg, 21, 126-138, (1968).

4. Düvelsdorf, K.-H.

Ein Beitrag zum Problem der Herstellung identischer Orthopantomogramme.

Med. Diss., Hamburg, (1974).

5. Kirsch, Th.

Strahlengefährdung und Strahlenschutz in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik.

Hüthig Verlag, Heidelberg, S. 111- 112, (1977).

6. Koeppe, K.

Prognose der Mandibularentwicklung mit Hilfe des Orthopantomogramms.

Fortschr. Kieferorthop., 34, 316-322, (1973).

7. Marxer, H.

Die Orthopantomographie in der Praxis des Kieferorthopäden.

Inf. Orthod. Kieferorthop., 17, 377-392, (1985).

- 8. Mattila, K., Altonen, M., Haavikko, K.**
Determination of the gonial angle from the orthopantomogram.
Angle Orthod., 47, 107-110, (1977).
- 9. Mattila, K.**
Panorama-Röntgenverfahren, Rückblick und Ausblick.
Hüthig Verlag, Heidelberg, S. 10, (1984).
- 10. Paatero, Y.-V.**
Orthoradial jaw pantomography.
Ann. Med. Int. Feun., 48(suppl. 28), 222-227, (1958).
- 11. Philipp, R., Hurst, R.**
The cant of the occlusal plane and distortion in the panoramic radiograph.
Angle Orthod., 48, 317-323, (1978).
- 12. Rakosi, T.**
Atlas, Fernröntgen Analyse.
Hanser Verlag, München Wien, S. 9, (1979).
- 13. Ruf, S., Pancherz, H.**
Is Orthopantomography Reliable for TMJ Diagnosis?
J. Orofacial Pain, 9, 365-374, (1995).
- 14. Samawi, S. S. B., Burke, P. H.**
Angular Distortion in the Orthopantomogram.
Br. J. Orthod., 11, 100-107, (1984).
- 15. Scheutzel, P.**
Entwicklung der zahnärztlichen Panoramaröntgenaufnahmeverfahren.
Zahnärztl. Mitt., 79, 2322, (1989).

16. Schopf, P.

Längen- und Winkelmessungen am Orthopantomogramm.
Fortschr. Kieferorthop., 27, 107-114, (1966).

17. Segner, D., Hasund, A.

Individualisierte Kephalometrie.
Hansadont Verlag, Hamburg, S.7-12, (1991).

18. Tammisalo, E. H.

The dimensional reproduction of the image layer in orthopantomography.
Suom. Hammaslääk., 60, 2, (1964).

19. Thanyakarn, C., Hansen, K., Rohlin, M., Åkesson, L.

Measurements of tooth length in panoramic radiographs. 1: The use of indicators.
Dentomaxillofac. Radiol., 21, 26-30, (1992).

20. Tronje, G., Welander, U., McDavid, WD., Morris, CR.

Characteristics of seven panoramic X-ray units.
Dentomaxillofac. Radiol., 8, 29-34, (1985).

21. Wangerin, K.

Vergrößerung und Verzerrung der Panorama-Schichtaufnahme am Beispiel „Cranex DC“.
In: Jung, T. (Herausg.), Panorama-Röntgenographie.
Hüthig Verlag, Heidelberg, S. 37-40, (1984).

22. Zach, G. A., Langland, O. E., Sippy, F. H.

The use of the orthopantomograph in longitudinal studies.
Angle Orthod., 39,42-50, (1969).

23. Zäschke, C., Schopf, P.

Zur metrischen Analyse von Panorama-Röntgenbildern.
Fortschr. Kieferorthop., 36, 231-243, (1975).

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt vor allem Herrn Prof. Dr. Pancherz für die Überlassung des Themas und seine Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. S. Ruf für die nette Betreuung und die unermüdliche Unterstützung während der Anfertigung dieser Arbeit.

Weiterhin möchte ich mich bei meinen Kollegen in der kieferorthopädischen Abteilung für die Unterstützung in den letzten Jahren bedanken.

Lebenslauf

| | |
|-----------------------|---|
| 19.07.1071 | Geboren als zweites Kind des Ehepaares Prof. Mohammed Said Al Borney und Hana Sabag in Damaskus, Syrien |
| 1976 - 1982 | Besuch der Grundschule Arfan, Damaskus |
| 1982 - 1985 | Besuch der Mittelschule Al Haschimi, Damaskus |
| 1985 - 1988 | Besuch der Oberschule Al Haschimi, Damaskus |
| 1988 | Bacaloria (Allg. Hochschulreife) |
| 1988 - 1993 | Studium der Zahnmedizin an der Damaskus Universität in Damaskus, Syrien |
| September 1993 | Erteilung der Approbation als Zahnarzt |
| Okt. 1993 - Okt. 1994 | Zahnarzt in der Madaya Klinik, Madaya, Syrien |
| Nov. 1994 - Nov. 1995 | Zahnarzt im König Fahd Krankenhaus, Djidda, Saudi Arabien |
| Apr. 1996 - Sep. 1996 | Deutsch-Kurs an der Universität München und Justus-Liebig-Universität in Gießen |
| seit 01.09.1996 | Fachzahnarztausbildung in der kieferorthopädischen Abteilung der Justus-Liebig-Universität in Gießen |