

3. Patienten und Methode

3.1. Auswahl der Patienten

Aus dem Patientengut der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und einer kieferorthopädischen Fachpraxis in Weimar standen 168 Fernröntgenseitbilder von Patienten mit einem frontal offenen Biss zur Verfügung.

Patienten mit einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte oder mit einer syndromalen Erkrankung wurden nicht in die Untersuchung aufgenommen. Ein anamnestischer Hinweis auf traumatische Verletzungen im Frontzahnbereich führte ebenfalls zum Ausschluss. Die Fernröntgenseitbilder mussten sich durch eine hohe Bildqualität und eine kontrastreiche Darstellung der kraniofazialen Strukturen auszeichnen. Anhand des dreidimensional getrimmten kieferorthopädischen Modells wurden folgende Einschlusskriterien überprüft:

- Durchbruch aller bleibenden Schneidezähne
- Abstand zwischen den Inzisalkanten der oberen und unteren Schneidezähne bezogen auf die Kauebene $\geq 0,5$ mm

Nach Anwendung dieser Kriterien konnten von den ursprünglich 168 Fernröntgenseitbildern noch 134 Aufnahmen in die Auswertung einbezogen werden. Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg wurden 93 (69,4%) Röntgenbilder berücksichtigt, aus der kieferorthopädischen Fachpraxis in Weimar stammten 41 (30,6%) Röntgenbilder.

3.2. Geschlecht und Alter

Es bestanden keine Einschränkungen bezüglich des Alters oder des Geschlechts.

Von den insgesamt 134 Patienten waren 80 (59,7%) weiblichen und 54 (40,3%) männlichen Geschlechts. Das durchschnittliche Alter betrug 14,2 Jahre (Standardabweichung SD 5,7), wobei die Altersspanne von 7,8 bis 31,5 Jahren reichte. Die Patienten wurden in 5 Altersgruppen eingeordnet (Abb. 3.1., Tab. 3.1.).

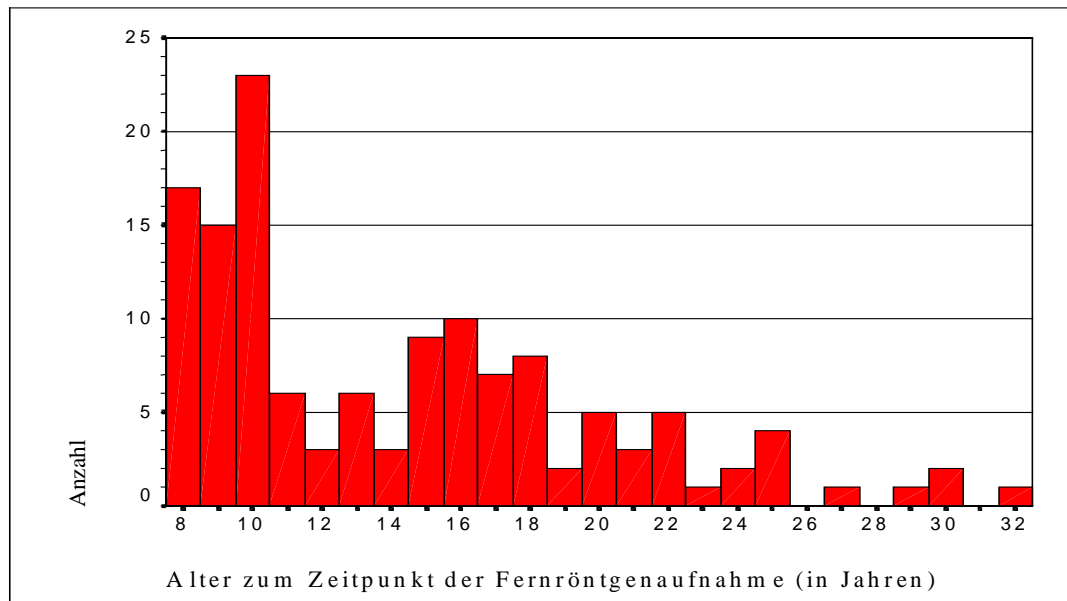


Abb. 3.1. Altersverteilung der Patienten

Tab. 3.1. Übersicht über die Einteilung der Altersklassen und die entsprechenden absoluten und relativen Häufigkeiten.

	<i>absolut</i>	<i>relativ</i>	<i>kumuliert</i>
<i>bis 9. Lebensjahr</i>	26	19,4 %	19,4 %
<i>9.-11. Lebensjahr</i>	32	23,9 %	43,3 %
<i>11.-15. Lebensjahr</i>	19	14,2 %	57,5 %
<i>15.-19. Lebensjahr</i>	30	22,4 %	79,9 %
<i>ab 19. Lebensjahr</i>	27	20,1 %	100,0 %

3.3. Methode der Röntgenbildanfertigung

In beiden Einrichtungen erfolgte der Betrieb der Röntengeräte gemäß der Röntgenverordnung unter besonderer Berücksichtigung des Strahlenschutzes. Regelmäßige Konstanzprüfungen und Wartungsmaßnahmen waren nachweisbar.

Die Fernröntgenseitbilder des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Halle entstanden mit dem Gerät Multix CPH der Firma Siemens. Der Objekt-Focus-Abstand betrug 2,40 m, die Expositionszeit lag bei 100 ms, die Röhrenleistung wurde entsprechend der Körpergröße des Patienten und nach Empfehlungen des Geräteherstellers eingestellt (57...60 kV, 32...40 mAs).

Die Röntgenaufnahmen der kieferorthopädischen Fachpraxis in Weimar entstanden mit dem Gerät Orthophos CD der Firma Siemens. Der Objekt-Focus-Abstand lag bei 1,50 m. Die Einstellungen der Expositionszeit und der Röhrenleistung erfolgte in Abhängigkeit der Körpergröße des Patienten (40...50 ms, 77...84 kV, 13...14 mAs). In beiden Einrichtungen wurde zur Positionierung des Patienten ein Kephalo-stat benutzt. Als Aufnahmematerial diente der T-MAT Plus DG des Herstellers Kodak in den Größen 18x24 cm bzw. 20x30 cm. Zum Ausschluss vergrößerungsbedingter Fehler wurden die Fernröntgenseitbilder entsprechend den Vergrößerungsfaktoren der jeweiligen Röntgenanlage kalibriert.

3.4. Beschreibung der angewandten kephalometrischen Auswertung

Die Auswertung aller Fernröntgenseitbilder nahm ein Untersucher vor. Auf der jeweiligen Röntgenaufnahme wurde eine transparente Acetatfolie aufgelegt und durch Klebestreifen fixiert. Die Bestimmung und die Markierung der kephalometrischen Referenzpunkte mit einem Druckbleistift (0,25 mm, Härte HB) geschah in einem abgedunkelten Raum. Als Fernröntgenauswertung diente eine an der Universität Halle-Wittenberg angewandte modifizierte Bergen-Analyse nach SEGNER und HASUND (1994). Zusätzlich wurden die schädelbasisbezüglichen Referenzpunkte Foramen caecum (CA) und Sphenoidale (Sphe) nach BHATIA und LEIGHTON (1993) in die Untersuchung aufgenommen (Abb. 3.2.). Bei Doppelkonturen im Fernröntgenseitbild erfolgte die Festlegung des entsprechenden Referenzpunktes durch eine Mittelung. Unter Zuhilfenahme eines Digitizers (Scriptel Transparent Glass Digitizer) konnten diese Referenzpunkte digitalisiert werden. Nach Angaben des Herstellers betrug die Genauigkeit des Gerätes 0,1 mm. Die quantitative Auswertung erfolgte computer-gestützt mit dem Programm FR-WIN Version 4.0 (Entwicklung und Vertrieb durch COMPUTER KONKRET, Falkenstein). In Anlehnung an die Empfehlungen der Europäischen Gemeinschaft für die "Good clinical practise" (HASFORD und STAIB 1994) fand eine Eingabekontrolle durch festgelegte Grenzwerte statt. Zusätzlich wurde die Plausibilität der Eingabe durch die graphische Darstellung am Bildschirm überprüft. Die Konvertierung der Patientendaten und der zugehörigen kephalometrischen Messwerte gelang über eine Visual-Basic-Applikation. Zur Prüfung einer richtigen Übertragung der Datensätze wurde dieser Prozess zweimal durchlaufen.

Bezeichnung, Definition und Konstruktion der kephalometrischen Referenzpunkte nach SEGNER und HASUND (1994) unter Bezug auf die Median-Sagittalebene:

- S** Sella - Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica
- S(S)** Sella Senkrechte - Schnittpunkt des Lots von S auf die Linie NBa
- N** Nasion - vorderster Punkt der Sutura naso-frontalis
- Ba** Basion - tiefster und hinterster Punkt des Clivius
- Ar** Artikulare - Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae
- Rt** Ramustangentenpunkt - Tangentenpunkt des Unterkieferastes
- Ct** Corpustangentenpunkt - Tangentenpunkt des Unterkieferkörpers
- Go`** Goniontangentenpunkt - konstruierter Schnittpunkt der Mandibular- mit der Ramuslinie
- Sp** Spina nasalis anterior - vorderster Punkt der knöchernen Spina nasalis
- Sp`** Spina Strich - konstruierter Schnittpunkt der Linie NGn und Nasal-Linie
- Pm** Pterygomaxillare - Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Corpus maxillae mit der Kontur des harten bzw. weichen Gaumens
- A** A-Punkt - tiefster Punkt der vorderen Kontur des oberen Alveolarfortsatzes
- B** B-Punkt - tiefster Punkt der vorderen Kontur des unteren Alveolarfortsatzes
- Pog** Pogonion – vorderster Punkt des knöchernen Kinns
- Gn** Gnathion - tiefster Punkt der Unterkiefersymphyse
- Iss** inzisaler Punkt des vordersten Schneidezahns (Oberkiefer)
- Isa** Apex des oberen Schneidezahnes - apikaler Punkt der Wurzel des oberen mittleren Schneidezahns
- Iis** inzisaler Punkt des vordersten Schneidezahns (Unterkiefer)
- Iia** Apex des unteren Schneidezahnes - apikaler Punkt der Wurzel des unteren mittleren Schneidezahns
- hOcP** dorsaler Punkt des Okklusionsplanums - hinterer Kontaktpunkt der oberen und unteren Molaren
- Ca** Foramen caecum - Schnittpunkt des Schattens des Orbitadaches und der anterioren Schädelgrube
- Sphe** Sphenoidale - Schnittpunkt des Schattens der großen Keilbeinflügel mit der anterioren Schädelgrube

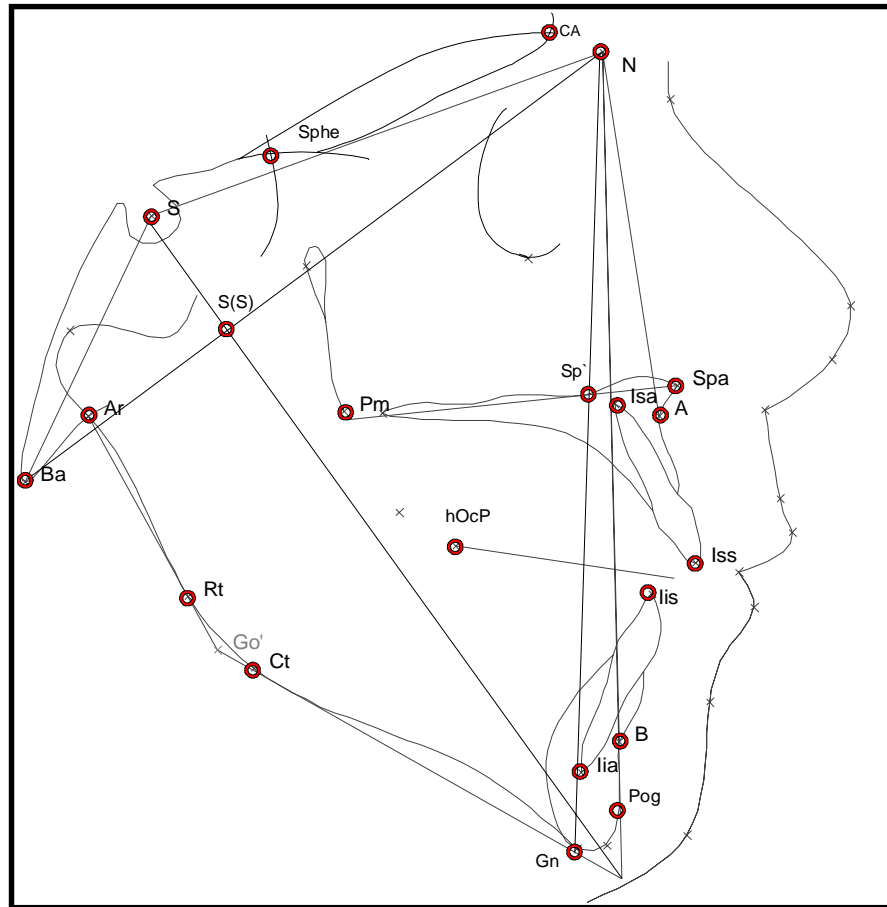


Abb. 3.2. Durchzeichnung eines Fernröntgenseitbildes mit den kephalome-trischen Referenzpunkten und Bezugslinien

Durch die Verbindung von Referenzpunkten ergaben sich die Bezugslinien:

- NSL Nasion-Sella-Linie - Linie zwischen Nasion und Sella
- NL Nasallinie - Linie zwischen Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare
- ML Mandibularlinie - Linie zwischen Gnathion und Gonion-Tangentenpunkt
- hGH hintere Gesichtshöhe - Linie zwischen Sella und Gonion-Tangentenpunkt
- vGH vordere Gesichtshöhe - Linie zwischen Nasion und Gnathion
- oGH obere vordere Gesichtshöhe - Linie zwischen Nasion und Spina Strich
- uGH untere vordere Gesichtshöhe - Linie zwischen Spina Strich und Gnathion
- OcP Okklusionsplanum - Linie von der halbierten Strecke Iss zu Iis und hOcP

Zur Auswertung wurden Winkel (in Grad) und Strecken (in mm) sowie zwei Verhältniszahlen (in Prozent) herangezogen (siehe Tab. 3.2.)

Tab. 3.2. Übersicht über die angewandten Messwerte und Längenverhältnisse, (Scheitelpunkte der schädelbasisbezüglichen Winkel markiert)

Relation	Messwert	Beschreibung
Sagittal	SNA-Winkel SNB-Winkel ANB-Winkel SNPog-Winkel PogNB-Strecke	Winkel Sella, Nasion und A-Punkt Winkel Sella, Nasion und B-Punkt Winkel A-Punkt, Nasion und B-Punkt Winkel zwischen Sella, Nasion und Pogonion Strecke Pog zur Linie NB
Vertikal	ML/NSL-Winkel NL/NSL-Winkel ML/NL-Winkel Kieferwinkel Y-Achse	Winkel Mandibular- und NS-Linie Winkel Nasal- und NS-Linie Basiswinkel Winkel Mandibularlinie und Linie Ar zu tgo Winkel zwischen Nasion-Sella-Linie u. Schnittpunkt von ML- und NPog-Linie
Längenverhältnisse	Index Verhältnis nach Jarabak	Streckenverhältnis von oGH:uGH Streckenverhältnis von hGH:vGH
Dental	Überbiss sagittale Stufe OK1/NL-Winkel UK1/ML- Winkel	Strecke Iss und Iis (auf Linie Nasion-Gnathion) Strecke Iss und Iis (auf Okklusionsplanum) Winkel Schneidezahnachse im Oberkiefer und NL Winkel Schneidezahnachse im Unterkiefer und ML
Winkel der Schädelbasis	BaS(S)Sphe-Winkel BaS(S)Ca-Winkel NSBa-Winkel NSAr-Winkel SNBa-Winkel SNAr-Winkel SArSphe-Winkel SCaN-Winkel SS(S)Ca-Winkel S(S)SpheN-Winkel SS(S)Sphe-Winkel SpheCaN-Winkel	Winkel Basion, S(S) und Sphenoidale Winkel Basion, S(S) und Foramen caecum Winkel Nasion, Sella und Basion Winkel Nasion, Sella und Artikulare Winkel Sella, Nasion und Basion Winkel Sella, Nasion und Artikulare Winkel Sella, Artikulare und Sphenoidale Winkel Sella, Foramen caecum und Nasion Winkel Sella, Sella Senkrechte und Nasion Winkel Sella Senkrechte, Sphenoidale und Nasion Winkel Sella, Sella Senkrechte und Sphenoidale Winkel Sphenoidale, Foramen caecum und Nasion
Strecken der Schädelbasis	NS- Strecke NBa- Strecke NAr-Strecke NCa- Strecke SBa-Strecke SAr-Strecke S(S)-Strecke SpheAr-Strecke SpheCa-Strecke SpheS- Strecke	Strecke Nasion und Sella Strecke Nasion und Basion Strecke Nasion und Artikulare Strecke Nasion und Foramen caecum Strecke Sella und Basion Strecke Sella und Artikulare Strecke Sella und Sella Senkrechte Strecke Sphenoidale und Artikulare Strecke Sphenoidale und Foramen caecum Strecke Sphenoidale und Sella
Beziehung der Schädelbasis zur oberen und unteren Kieferbasis	PmSpheSpa-Winkel GoSpheGn-Winkel GoCaGn-Winkel PmCaSpa-Winkel SphePm-Strecke SpheSpa-Strecke SpheGo-Strecke SpheGn-Strecke CaPm-Strecke CaSpa-Strecke CaGo-Strecke CaGn-Strecke	Winkel Pm, Sphenoidale und Spa Winkel Gonion, Sphenoidale und Gnathion Winkel Gonion, Foramen caecum und Gnathion Winkel Pm, Foramen caecum und Spa Strecke Sphenoidale-Pterygomaxillare Strecke Sphenoidale-Spina nasalis ant. Strecke Sphenoidale-Gonion Strecke Sphenoidale-Gnathion Strecke Foramen caecum-Pterygomaxillare Strecke Foramen caecum-Spina nasalis ant. Strecke Foramen caecum-Gonion Strecke Foramen caecum-Gnathion

Die Bestimmung des Gesichtstyps, der sagittalen und vertikalen Verhältnisse erfolgte nach SEGNER und HASUND (1994). Dabei wurden die Messwerte der SNA-, NL/NSL-, NSBa-, ML/NSL und SNB-Winkel in die Bewertung einbezogen und in die Harmoniebox eingetragen (Abb 3.3.). Nach Positionierung der Harmonielinie lag ein harmonischer Gesichtsschädelaufbau vor, wenn sich alle Messwerte innerhalb des Harmonieschemas befanden. Als orthognather Gesichtsschädelaufbau wurden Werte von 79° bis 85°, bezogen auf Skala des SNA- Winkels, angenommen, für den retrognathen bzw. prognathen Gesichtsschädelaufbau galten kleinere bzw. größere Werte.

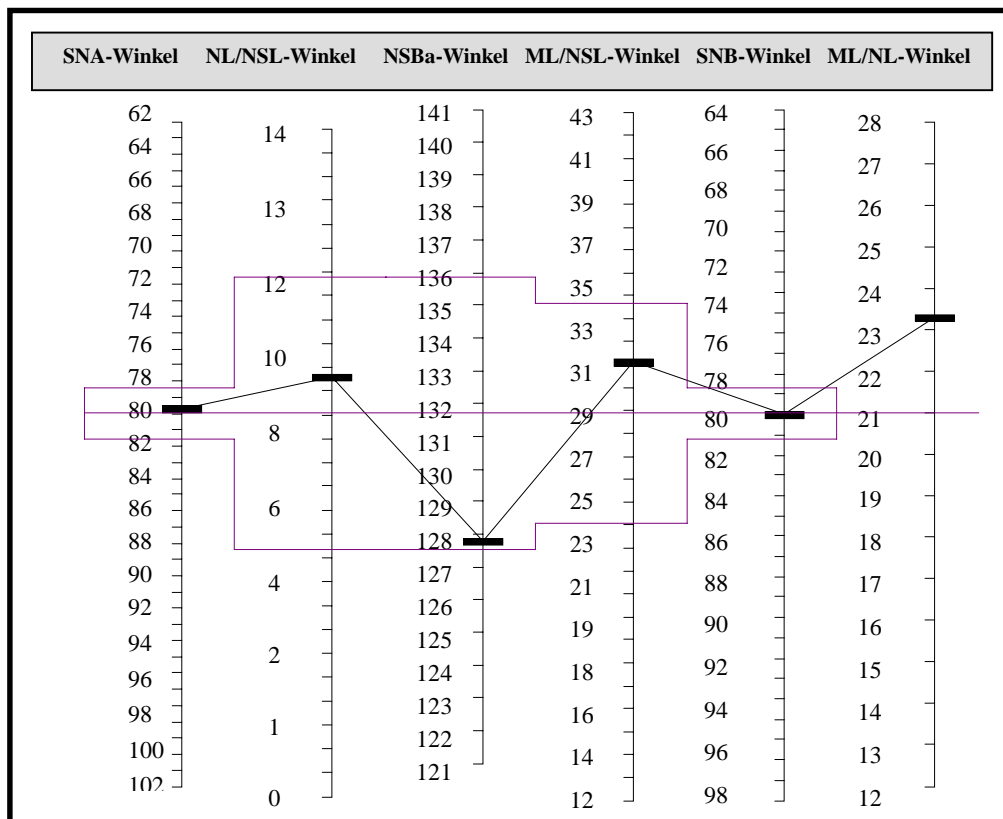


Abb. 3.3. Harmoniebox und Harmonieschema (SEGNER und HASUND 1994). Beispiel für einen orthognath-harmonischen Gesichtsschädelaufbau.

Die sagittale Kieferbasenrelation ergab sich als neutral, wenn sich nach Positionierung der Harmonielinie auf dem gemessenen SNA-Winkel der ermittelte SNB-Winkel innerhalb der Begrenzung des Schemas befand. Für oberhalb gelegene Werte wurde eine distale und für unterhalb gelegene Werte eine mesiale Kieferbasenrelation angenommen.

Die Bewertung der vertikalen Verhältnisse erfolgte nach Positionierung der Zentrallinie auf den gemessenen NL/NSL-Winkel. Lag der ML/NSL-Winkel dann innerhalb des Harmonieschemas, galt eine neutrale vertikale Kieferbasenrelation. Eine offene

bzw. tiefe Relation wurde bei einem oberhalb bzw. unterhalb der Begrenzung gelegenen Wert für den NL/NSL-Winkel bestimmt.

Für die Neigungsverhältnisse der Kieferbasen galten nach Positionierung des Harmonieschemas die Kriterien aus Tab. 3.3.

Tab. 3.3. Einteilung der Probanden nach der Neigungsharmonie bzw. Neigungsdisharmonie der Kieferbasen in vier Gruppen

	Neigungsverhältnis	Beziehung zum Harmonieschema
Gruppe 1	Neigungsharmonie beider Kieferbasen	NL-NSL-Winkel und ML-NSL-Winkel innerhalb des Harmonieschemas
Gruppe 2	anteriore Neigung des Oberkiefers	NL-NSL-Winkel unterhalb des Schemas
Gruppe 3	posteriore Neigung des Unterkiefers	ML-NSL-Winkel oberhalb des Schemas
Gruppe 4	Neigungsdisharmonie beider Kieferbasen (Divergenz)	NL-NSL-Winkel unterhalb und ML-NSL-Winkel oberhalb des Harmonieschemas

Die Zuordnung des Patienten zum normofazialen, dolichofazialen bzw. brachyfazialen Typus geschah in Anlehnung an SCHOPF (1994, siehe Abb. 3.4.). Die Messwerte für den Kieferwinkel, der PogNB-Strecke und der Längenverhältnisse der Gesichtshöhen (Index bzw. Verhältnis nach JARABAK) wurden in das Schema eingetragen. Eine Häufung der angekreuzten Messwerte im oberen beziehungsweise unteren Teil des Schemas zeigte die Tendenz zum brachyfazialen (horizontalen) beziehungsweise dolichofazialen (vertikalen) Gesichtstyp.

PogNB-Strecke	Index	Kieferwinkel	JARABAK	
3,5 mm	90,5 %	111,5 °	69,0 %	brachyfazial
3,0 mm	87,0 %	115,0 °	67,0 %	
2,5 mm	83,5 %	118,5 °	65,0 %	
2,0 mm	80,0 %	122,0 °	63,0 %	normofazial
1,5 mm	76,5 %	125,5 °	61,0 %	dolichofazial
1,0 mm	73,0 %	129,0 °	59,0 %	
0,5 mm	69,5 %	140,0 °	57,0 %	

Abb. 3.4. Beurteilung des Gesichtstyps (in Anlehnung an SCHOPF 1994)

Die Fehlerabschätzung bei der Auswertung von Fernröntgenseitbildern erfolgte im Rahmen einer Voruntersuchung. Dabei wurden 30 zufällig ausgewählte Aufnahmen dreimal im Abstand von jeweils zwei Wochen vermessen. Die Differenzen zwischen den einzelnen Messwerten und dem Mittelwert aus den Einzelmessungen ermöglichten die Bestimmung des Methodenfehlers nach DAHLBERG (1940, Abb. 3.5.).

Nach DAHLBERG sollte dabei der Methodenfehler möglichst unter dem Referenzwert von 1,0 liegen, um eine ausreichende Messgenauigkeit nachweisen zu können.

<p>Methodenfehler $\delta^2 = \Sigma d^2 / 2n$</p> <p>Zuverlässigkeitskoeffizient Reliability $= 1 - \delta^2 / s_v^2$</p>	<p>d – Differenz zwischen Einzelwert und Mittelwert aus Einzelmessungen n – Anzahl der Messungen</p> <p>δ - Methodenfehler s_v- Standardabweichung der Variable</p>
--	--

Abb. 3.5. Die Formeln zur Ermittlung des Methodenfehlers (DAHLBERG 1940) und des Zuverlässigkeitskoeffizienten (HOUSTON 1983)

Der Methodenfehler wurde in Relation zu der Varianz der Variable durch die Bestimmung des Zuverlässigkeitskoeffizienten gesetzt (HOUSTON 1983). Die Variable war um so zuverlässiger, je näher dieser Koeffizient bei 1,0 lag (Abb. 3.5.).

3.5. Beschreibung der statistischen Verfahren

Die statistische Auswertung der Messergebnisse erfolgte mit dem Programm *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) für Windows Version 8.0. Alle angewandten statistischen Verfahren wurden entsprechend den Empfehlungen und Beschreibungen von BROSIUS (1998) durchgeführt.

3.5.1. **Prüfung auf Normalverteilung**

Zur Prüfung auf Normalverteilung der Messwerte innerhalb der Untersuchungsgruppe wurde der KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test angewandt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für das Zurückweisen der Hypothese einer Normalverteilung betrug $p=0,05$.

3.5.2. Deskriptive Beurteilung

Absolute und relative Häufigkeiten ergaben sich für folgende Merkmale der Untersuchungsgruppe:

- Gesichtsschädelaufbau
- sagittale Kieferbasenrelation
- vertikale Kieferbasenrelation
- Gesichtstyp

Für alle kephalometrischen Messgrößen wurden Minimum, Maximum, Median, Mittelwert, Standardfehler des Mittelwertes und die Standardabweichung ermittelt. Die graphische Darstellung erfolgte mit Boxplots.

3.5.3. Mittelwertvergleiche

Der Mittelwertvergleich wurde zwischen Gruppen der Einteilung durchgeführt:

- Geschlecht
- Altersklasse
- Gesichtsschädelaufbau
- sagittale Kieferbasenrelation
- vertikale Kieferbasenrelation
- Gesichtstyp
- Art des offenen Bisses (dental versus skelettal offen)
- Neigungsverhältnisse der Kieferbasen

Mit dem LEVENE-Test (Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$) erfolgte die Prüfung auf Gleichheit der Varianzen. Für den Mittelwertvergleich zwischen zwei Gruppen gelangte entweder der *separate-variance t-Test* (Varianzgleichheit) oder der *pooled-variance t-Test* (Varianzungleichheit) zum Einsatz.

Zum Vergleich von mehr als zwei Gruppen wurde bei Varianzgleichheit eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA), bei Ungleichheit der Varianzen der H-Test nach KRUSKAL-WALLIS durchgeführt.

Patienten mit einer Neigungsharmonie der Kieferbasen wurden in die Gruppe mit einem dental offenen Biss eingeordnet. Alle übrigen Patienten gehörten zu der Gruppe mit skelettal offenem Biss.

3.5.4. Korrelationsstatistische Beurteilungen

Zur Prüfung der Stärke von Zusammenhängen zwischen den Messwerten der Schädelbasis und des Gesichtsschädels erfolgte die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten nach PEARSON. Das Vorzeichen gab die Richtung und der absolute Wert die Stärke des Zusammenhangs an (Tab. 3.3.). Die Hypothese, in der Grundgesamtheit bestehe kein Zusammenhang, wurde mit einem 2-seitigen Signifikanztest ($p \leq 0,05$) überprüft. Das Vorliegen einer linearen Korrelation konnte mit Hilfe der Streudiagramme nachgewiesen werden.

Tab. 3.4. Stärke des Zusammenhangs zweier Variablen nach BROSIUS (1998)

Betrag des Korrelationskoeffizienten	Stärke des Zusammenhangs
<0,2	sehr schwache Korrelation
0,2 – 0,4	schwache Korrelation
0,4 – 0,6	mittlere Korrelation
0,6 – 0,8	starke Korrelation
0,8 – 1,0	sehr starke Korrelation

3.5.5. Diskriminanzanalysen

Durch die Diskriminanzanalysen wurde der Einfluss von Messgrößen der Schädelbasis (Tab. 3.5.) auf die Unterscheidbarkeit folgender Gruppen geprüft:

- Einteilung nach der Art des offenen Bisses (dental versus skelettal offen)
- Einteilung nach den Neigungsverhältnisse der Kieferbasen

Der erste Schritt dieser Analyse bestand in der Schätzung der Diskriminanzfunktionen. Dabei wurde beachtet, dass aus den stetigen Werten Rückschlüsse auf eine diskrete Gruppenzugehörigkeit erfolgten. Ein zweiter Schritt beinhaltete eine Klassifizierung der Patienten unter Angabe der absolut und prozentual richtigen Zuordnung in die entsprechende Teilgruppe (Methode: Einschluss). Alter und Geschlecht wurden als Kovariate berücksichtigt.

Tab. 3.5. Gruppen und Messwerte für die Diskriminanzanalysen

	Messwerte für die Diskriminanzanalyse
Art des offenen Bisses	1. Winkel und Strecken der Schädelbasis 2. Beziehung der Schädelbasis zur oberen und unteren Kieferbasis
Neigungsverhältnisse	1. Winkel und Strecken der Schädelbasis 2. Beziehung der Schädelbasis zur oberen und unteren Kieferbasis 3. Messwerte aus 1. und 2. zusammen