

3. Patienten und Methode

3.1. Auswahl der Patienten

Anhand der Befunddokumentation und dreidimensional getrimmter kieferorthopädischer Planungsmodelle wurden 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 die Fernröntgenseitbilder von Patienten mit lateralem Kreuzbiss ausgewählt. Zum Ausschluss therapiebedingter Veränderungen der Gesichtsschädelmorphologie wurden nur vor dem Beginn der kieferorthopädischen Behandlung angefertigte Aufnahmen in die Untersuchung einbezogen. Bei der Auswahl der Probanden wurde darauf geachtet, dass diese deutscher Herkunft und Angehörige der kaukasischen Rasse waren.

Es wurden nur Patienten aufgenommen, bei denen sich im Seitenzahnggebiet mindestens zwei Zähne im Kreuzbiss befanden. Milchgebisse wurden nicht untersucht. Probanden, bei denen eine durch Zwangsführung bedingte Seitabweichung des Unterkiefers oder eine durch Über- oder Unterentwicklung einer Seite verursachte Laterognathie vorlagen, wurden ausgeschlossen. Auch Patienten mit einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte oder einer syndromalen Erkrankung wurden nicht mit in die Untersuchung einbezogen. Die Fernröntgenseitbilder mussten sich durch eine hohe Bildqualität und eine kontrastreiche Darstellung der kraniofazialen Strukturen auszeichnen.

Von den insgesamt 200 Fernröntgenseitbildern, die nach Anwendung dieser Ausschlusskriterien in die Untersuchung aufgenommen werden konnten, stammten 85 (42,5%) aus der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und 115 (57,5%) aus der kieferorthopädischen Fachpraxis in Weimar.

3.2. Geschlecht und Alter

Es gab bei der Auswahl der Patienten keinerlei Beschränkungen bezüglich des Geschlechts oder des Alters.

124 (62%) der 200 Patienten waren weiblichen, 76 (38%) männlichen Geschlechts.

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Fernröntgenaufnahme betrug 12,3 Jahre (Standardabweichung = 5,0) bei einer Altersspanne von 5,9 bis 34,4 Jahren (Abb. 3.1.).

Die Patienten wurden 5 Altersgruppen zugeordnet (Tab. 3.1.).

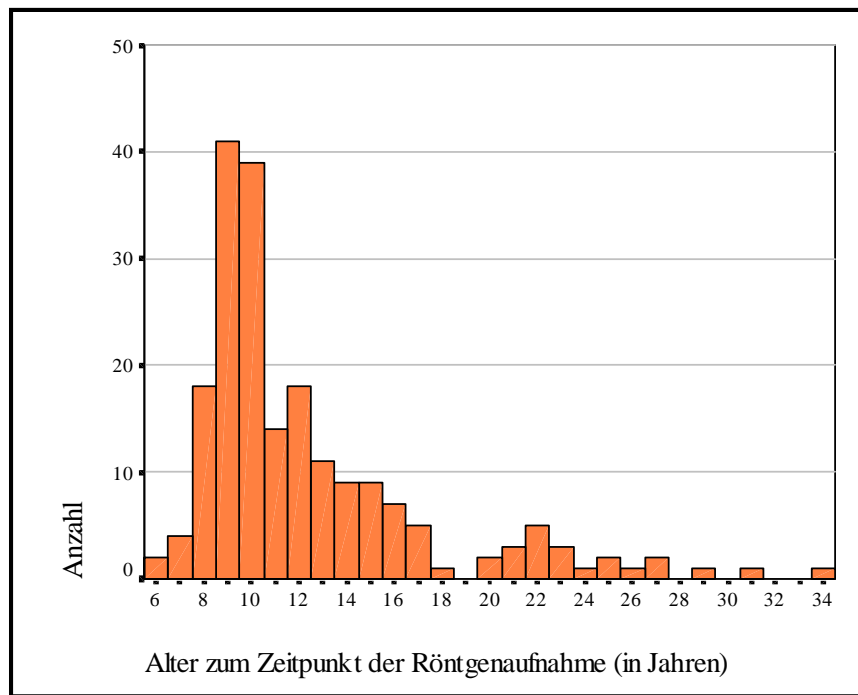


Abb. 3.1.: Altersverteilung

Tab. 3.1.: Einteilung der Altersgruppen mit absoluten und relativen Häufigkeiten

Altersgruppe	absolute Häufigkeit (Anzahl)	relative Häufigkeit (in %)	gültige Prozente	kumulierte Prozente
bis 9. Lj.	44	22,0	22,0	22,0
9.-11. Lj.	71	35,5	35,5	57,5
11.-15. Lj.	43	21,5	21,5	79,0
15.-19. Lj.	20	10,0	10,0	89,0
ab 19. Lj.	22	11,0	11,0	100,0

3.3. Röntgenaufnahmetechnik

Die Fernröntgenseitbilder der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Halle entstanden mit dem Gerät Multix CPH der Firma Siemens. Der Objekt-Fokus-Abstand lag bei 2,40 m, die Expositionszeit betrug 100 ms. Die Röhrenleistung wurde entsprechend der Körpergröße des Patienten und nach Empfehlungen des Geräteherstellers eingestellt (57...60 kV, 32...40 mAs). Die aus der kieferorthopädischen Fachpraxis in Weimar stammenden Röntgenaufnahmen wurden mit dem Gerät Orthophos CD der Firma Siemens aufgenommen. Der Objekt-Fokus-Abstand betrug 1,50 m. In Abhängigkeit von der Körpergröße erfolgte die Einstellung der Expositionszeit und

Röhrenleistung entsprechend der Herstellerangaben (40...50 ms, 77...84 kV, 13...14 mAs). Zur Ausrichtung des Patienten und Positionierung des Kopfes entsprechend der Frankfurter Horizontalen wurde in beiden Einrichtungen ein Kephalostat verwendet. Der Objekt-Film-Abstand betrug jeweils 10 cm. Als Aufnahmematerial dienten T-MAT Plus DG-Röntgenfilme des Herstellers Kodak in den Größen 18 x 24 cm und 20 x 30 cm. Es erfolgte eine Kalibrierung der Fernröntgenseitbilder entsprechend der jeweiligen Röntgenanlage, um vergrößerungsbedingte Fehler bei der Auswertung der Aufnahmen zu vermeiden.

Beim Betrieb der Röntgenanlagen wurde in beiden Einrichtungen eine strenge Einhaltung der Röntgenverordnung und der Strahlenschutzbestimmungen gewährleistet. Es waren regelmäßige Konstanzprüfungen und Wartungsmaßnahmen nachweisbar.

3.4. Kephalemtrische Auswertung

Zur Vermeidung interindividueller Fehler wurden sämtliche Fernröntgenaufnahmen von nur einer Person ausgewertet. Mit Hilfe von Klebestreifen wurde je ein Röntgenbild mit dem Profil nach rechts auf einem Lichtkasten fixiert und eine transparente Azetatfolie auf der Aufnahme befestigt. Gemäß den Definitionen (Tab. 3.2.) wurden die kephalemtrischen Messpunkte aufgesucht und mit einem Druckbleistift (0,25 mm, Härte HB) auf der Folie markiert. Bei Doppelkonturen im Fernröntgenseitbild erfolgte die Festlegung der Referenzpunkte durch Mittelung. Mit Hilfe eines Digitizers (Scriptel Transparent Glass Digitizer, Messgenauigkeit 0,1 mm) wurde die Position eines jeden Messpunktes als X- und Y-Koordinaten in Zahlenform erfasst. Dadurch wurde eine computergestützte Auswertung der Fernröntgenseitbilder mit Hilfe des Programmes FR-WIN Version 4.0 (Entwicklung und Vertrieb durch Computer Konkret, Falkenstein) ermöglicht. In Anlehnung an die Empfehlungen für die "Good clinical practise" (HASFORD und STAIB 1994) fand eine Eingabekontrolle der Messwerte durch festgelegte Grenzwerte statt. Zusätzlich wurde deren Plausibilität durch eine graphische Darstellung am Bildschirm überprüft.

Als Grundlage für die metrische Analyse der Fernröntgenseitbilder wurden durch Verbindung von Referenzpunkten horizontale und vertikale Bezugslinien definiert (Tab. 3.3.) Eine an der Universität Halle-Wittenberg angewandte modifizierte Bergen-Analyse nach SEGNER und HASUND (1994) diente zur kephalemtrischen Auswertung.

Tab. 3.2.: Bezeichnung und Definition kephalometrischer Referenzpunkte bezogen auf die Median-Sagittalebene

	Bezeichnung	Definition	nach
S	Sella	Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica	SEGNER/HASUND
Se	Sellamitte	Mitte des Sellaeingangs	SCHWARZ
N	Nasion	vorderster Punkt der Sutura nasofrontalis	SEGNER/HASUND
Ba	Basion	hinterster und tiefster Punkt des Clivius	SEGNER/HASUND
Ar	Artikuläre	Schnittpunkt des Unterrands der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae	SEGNER/HASUND
Rt	Ramustangentenpunkt	Tangentenpunkt des Unterkieferasts	SEGNER/HASUND
Ct	Corpustangentenpunkt	posteriorer Tangentenpunkt des Unterkieferkörpers	SEGNER/HASUND
tgo	Goniontangentenpunkt	konstruierter Schnittpunkt der Mandibular- mit der Ramuslinie	SEGNER/HASUND
Sp	Spina nasalis anterior	vorderster Punkt der knöchernen Spina nasalis	SEGNER/HASUND
Sp`	Spina Strich	konstruierter Schnittpunkt der Linie NGn und Nasallinie	SEGNER/HASUND
Pm	Pterigomaxillare	Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Corpus maxillae mit der Kontur des harten bzw. weichen Gaumens	SEGNER/HASUND
A	A-Punkt	tiefster Punkt der anterioren Kontur des oberen Alveolarfortsatzes	SEGNER/HASUND
B	B-Punkt	tiefster Punkt der anterioren Kontur des unteren Alveolarfortsatzes	SEGNER/HASUND
Pg	Pogonion	vorderster Punkt des knöchernen Kinns	SEGNER/HASUND
Gn	Gnathion	tiefster Punkt der Unterkiefersymphyse	SEGNER/HASUND
Iss	inzisaler Punkt im Oberkiefer	Schneidekante des vordersten oberen mittleren Schneidezahns	SEGNER/HASUND
Isa	Apex des oberen Schneidezahns	Wurzelspitze des vordersten mittleren Schneidezahns des Oberkiefers	SEGNER/HASUND
Iis	inzisaler Punkt im Unterkiefer	Schneidekante des vordersten unteren mittleren Schneidezahns	SEGNER/HASUND
Iia	Apex des unteren Schneidezahns	Wurzelspitze des vordersten mittleren Schneidezahns des Unterkiefers	SEGNER/HASUND
hOcP	dorsalster Punkt des Okklusionsplanums	am weitesten distal gelegener Kontaktpunkt der oberen und unteren ersten Molaren	SCHWARZ

Tab. 3.3.: Bezeichnung und Definition wichtiger kephalometrischer Bezugslinien

	Bezeichnung	Definition
horizontal:		
NSL	Nasion-Sella-Linie	Linie zwischen Nasion und Sella
NSeL	Nasion-Sellaeingang-Linie	Linie zwischen Nasion und Sellaeingang
NL	Nasallinie	Linie zwischen Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare
ML	Mandibularlinie	Linie zwischen Gnathion und Gonion-Tangentenpunkt
OcP	Okklusionsplanum	Linie von der halbierten Strecke Iss zu Iis und hOcP
vertikal:		
NA	NA-Linie	Linie zwischen Nasion und A-Punkt
NB	NB-Linie	Linie zwischen Nasion und B-Punkt
NPg	NPg-Linie	Linie zwischen Nasion und Pogonion

Eine Übersicht aller in die Auswertung einbezogener Strecken, Winkel und Längenverhältnisse gibt Tab. 3.4. .

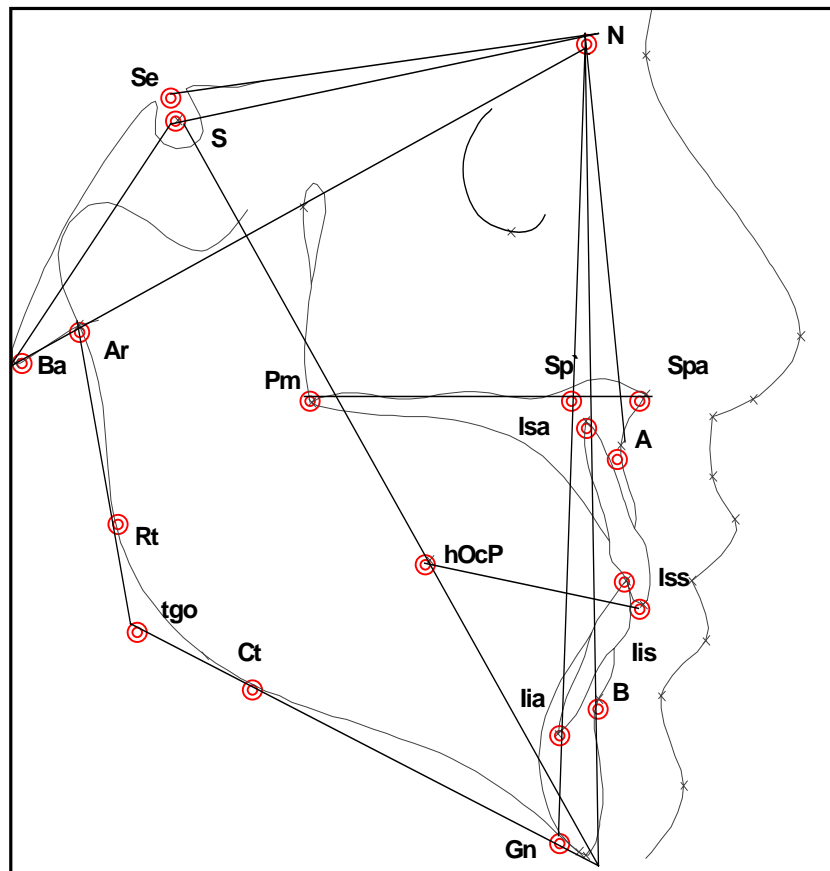


Abb. 3.2.: Schematische Darstellung kephalometrischer Referenzpunkte und Bezugslinien

Tab. 3.4.: Verwendete Messwerte und Verhältniszahlen

Bezeichnung	Definition
Metrische Analyse der Kieferbasen:	
Unterkieferkörperlänge	Strecke vom konstruierten Schnittpunkt des Lots von Pg auf die Mandibularlinie zu tgo
Oberkieferlänge	Strecke vom konstruierten Schnittpunkt des Lots vom A-Punkt auf die Nasallinie zu Pm
Oberkiefer/Unterkiefer-Längenverhältnis	Oberkieferlänge : Unterkieferkörperlänge
Sagittale Analyse:	
SNA-Winkel	Winkel zwischen NS-Linie und NA-Linie
SNB-Winkel	Winkel zwischen NS-Linie und NB-Linie
ANB-Winkel	Winkel zwischen A-Punkt, Nasion und B-Punkt
SNPg-Winkel	Winkel zwischen Sella, Nasion und Pogonion
PgNB-Srecke	Strecke Pg senkrecht auf Linie NB
Vertikale Analyse:	
ML/NSL-Winkel	Winkel zwischen Mandibular- und NS-Linie
NL/NSL-Winkel	Winkel zwischen Nasal- und NS-Linie
ML/NL-Winkel	Winkel zwischen Mandibular- und Nasallinie
Kieferwinkel	Winkel zwischen Mandibularlinie und Linie Ar-tgo
oberer Gonionwinkel	oberer Abschnitt des Kieferwinkels (NtgoAr)
unterer Gonionwinkel	unterer Abschnitt des Kieferwinkels (NtgoGn)
Y-Achse	Winkel zwischen SN-Linie und Gnathion
hintere Gesichtshöhe	Strecke zwischen Sella und Gonion-Tangentenpunkt
vordere Gesichtshöhe	Strecke zwischen Nasion und Gnathion
Jarabakverhältnis (Ratio)	hintere : vordere Gesichtshöhe
obere vordere Gesichtshöhe	Strecke zwischen Nasion und Spina Strich
untere vordere Gesichtshöhe	Strecke zwischen Spina Strich und Gnathion
Index	obere vordere : untere vordere Gesichtshöhe
Dentale Analyse:	
Überbiss	Strecke Iss und Iis (auf Linie Nasion-Gnathion)
sagittale Stufe	Strecke Iss und Iis (auf Okklusionsplanum)
OK1/NL-Winkel	Winkel zwischen OK-Schneidezahnachse und Nasallinie
UK1/ML-Winkel	Winkel zwischen UK-Schneidezahnachse und Mandibularlinie
Schädelbasis:	
NS-Strecke	vordere Schädelbasislänge (Strecke N-S)
NSe-Strecke	vord. Schädelbasislänge nach A.M.SCHWARZ (Strecke N-Se)
NSBa-Winkel	Winkel zwischen NS-Linie und Basion
NSAr-Winkel	Winkel zwischen NS-Linie und Artikulare

Für die Einschätzung des Gesichtstyps, der sagittalen und vertikalen sowie der Gesamtharmonie wurde das Harmonieschema nach SEGNER und HASUND (1994) verwendet (Abb. 3.3.) Die Beurteilung erfolgte dabei anhand der kephalometrischen Variablen “SNA-Winkel”, “SNB-Winkel”, “NL/NSL-Winkel”, “ML/NSL-Winkel” und “NSBa-Winkel”, die in die Harmoniebox eingetragen und durch das Harmonieschema überlagert wurden. Dieses wurde zunächst so positioniert, dass die Summe aller Messwerte oberhalb der Zentrallinie gleich derer unterhalb sein sollte. Nun ließ sich anhand des SNA-Wertes auf der Zentrallinie der Gesichtstyp bestimmen. Für den Bereich von 79° bis 85° wurde ein orthognather Gesichtstyp angenommen, kleinere Werte sprachen für einen retrognathen, größere für einen prognathen Gesichtsschädelaufbau. Grenzte das Harmonieschema alle Messwerte ein, handelte es sich um einen harmonischen, anderen Falls um einen disharmonischen Gesichtstyp. Anhand der Lage der Winkel NL/NSL und ML/NSL ließ sich eine Beurteilung der Neigungsverhältnisse der Kieferbasen vornehmen (Tab. 3.5.).

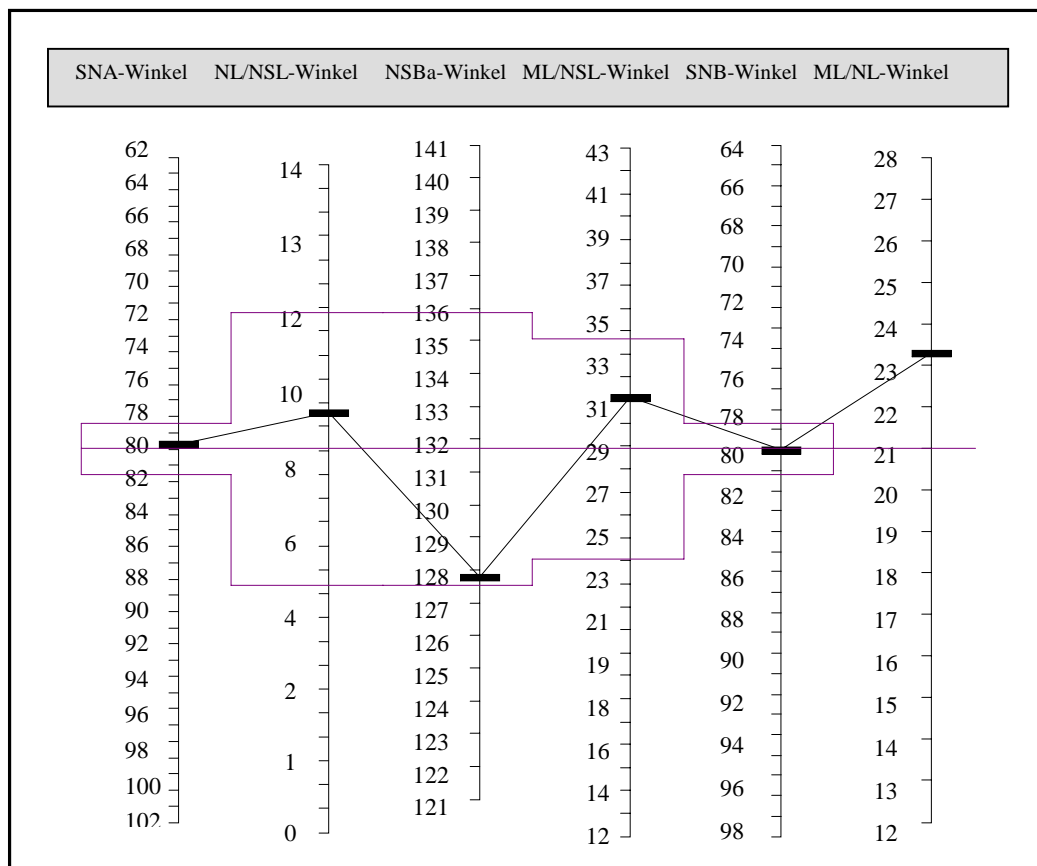


Abb. 3.3.: Harmonieschema (SEGNER und HASUND 1994), Beispiel eines orthognath-harmonischen Gesichtsschädelaufbaus

Bei Positionierung der Zentrallinie auf dem gemessenen SNA-Wert ergab sich eine neutrale sagittale Relation, wenn die Differenz des passenden und tatsächlich gemessenen SNB-Wertes bis zu 2° betrug. Lag der Wert in der Box mehr als 2° oberhalb des erwarteten, sprach dies für eine distale, lag er unterhalb für eine mesiale Relation. Die Beurteilung der vertikalen Harmonie erfolgte nach Orientierung der Zentrallinie auf dem tatsächlichen NL/NSL-Wert. Die Lage des gemessenen ML/NSL-Winkels innerhalb, oberhalb oder unterhalb des Harmonieschemas ergab entsprechend eine neutrale, hyperdivergente bzw. hypodivergente Kieferrelation.

Tab. 3.5.: Einteilung der Untersuchungsgruppe anhand der Neigungsverhältnisse der Kieferbasen

	Neigungsverhältnisse der Kieferbasen	Beziehung der Winkel zum Harmonieschema
Gruppe 1	Neigungsharmonie	NL/NSL-Winkel und ML/NSL-Winkel innerhalb
Gruppe 2	anteriore Neigung des OK	NL/NSL-Winkel unterhalb
Gruppe 3	posteriore Neigung des UK	ML/NSL-Winkel oberhalb
Gruppe 4	Neigungsdisharmonie (Divergenz)	NL/NSL-Winkel unterhalb und ML/NSL-Winkel oberhalb
Gruppe 5	posteriore Neigung des OK	NL/NSL-Winkel oberhalb
Gruppe 6	anteriore Neigung des UK	ML/NSL-Winkel unterhalb
Gruppe 7	Neigungsdisharmonie (Konvergenz)	NL/NSL-Winkel oberhalb und ML/NSL-Winkel unterhalb
Gruppe 8	posteriore Rotation der Kieferbasen	NL/NSL-Winkel oberhalb und ML/NSL-Winkel oberhalb
Gruppe 9	anteriore Rotation der Kieferbasen	NL/NSL-Winkel unterhalb und ML/NSL-Winkel unterhalb

Die Zuordnung zum normofazialen, dolichofazialen bzw. brachyfazialen Gesichtstyp erfolgte in Anlehnung an eine Analyse nach SCHOPF (1994). Dazu wurden die PgNB-Strecke, der Kieferwinkel (ArtgoGn) und die Längenverhältnisse der Gesichtshöhen (Index, Jarabakverhältnis) in ein Schema eingetragen (Abb. 3.4) und deren Verteilung bewertet. Eine Häufung der Messwerte im oberen bzw. unteren Teil der Grafik zeigte eine Tendenz zum brachyfazialen bzw. dolichofazialen Gesichtstyp, die um so ausgeprägter war, je weiter sich die Werte vom mittleren (normofazialen) Bereich entfernten.

PgNB-Strecke	Index	Kieferwinkel	Jarabak	Gesichtstyp
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.: Schema zur Beurteilung des fazialen Types in Anlehnung an SCHOPF (1994)

Anhand der Winkel SNA, SNB und ANB erfolgte eine Einteilung der Untersuchungsgruppe hinsichtlich der Einlagerung des Ober- und Unterkiefers sowie der skelettalen Bisslage (Tab. 3.6).

Tab. 3.6.: Beurteilung der Einlagerung des Ober- und Unterkiefers sowie der Bisslage (Segner und Hasund 1994)

	Oberkiefer	Unterkiefer	Bisslage	
prognath	$SNA > 85^\circ$	$SNB > 83^\circ$	Klasse I (neutral)	$4^\circ > ANB > 0^\circ$
orthognath	$77^\circ \leq SNA \leq 85^\circ$	$77^\circ \leq SNB \leq 83^\circ$	Klasse II (distal)	$ANB > 4^\circ$
retrognath	$SNA < 77^\circ$	$SNB < 77^\circ$	Klasse III (mesial)	$ANB < 0^\circ$

Durch eine Einteilung anhand der Ratio (JARABAK und FIZZEL 1980) zur Bestimmung des Wachstumstypes nach JARABAK und anhand des Index der vorderen Gesichtshöhen (HASUND 1974) entstanden weitere Klassifizierungen (Tab 3.7.).

Tab 3.7.: Beurteilung von Wachstumstyp (JARABAK und FIZZEL 1980) und vertikaler Relation (HASUND 1974)

Wachstumstyp		vertikale Relation	
vertikal	Ratio < 62%	offen	Index < 71%
neutral	$62\% \leq \text{Ratio} \leq 65\%$	neutral	$71\% \leq \text{Index} \leq 89\%$
horizontal	Ratio > 65%	tief	Index > 89%

Die Dimensionen der Kieferbasen wurden nach SCHWARZ (1958) in Form einer proportionalen Analyse in Bezug zur NSe-Strecke beurteilt. Die Sollwerte für die Unterkieferkörperlänge ergaben sich aus der Summe NSe-Strecke + 3 mm. Durch den Vergleich dieser Werte mit den tatsächlich gemessenen erfolgte eine Bewertung der Unterkieferkörperlänge (Beurteilung anhand der Differenz Messwert – Sollwert, Tab. 3.8.).

Tab 3.8.: Bewertung der Unterkieferkörperlänge

	Unterkieferkörper	Differenz x (Messwert – Sollwert)
Gruppe 1	stark verkleinert	$x < -6 \text{ mm}$
Gruppe 2	verkleinert	$-6 \text{ mm} < x < -3 \text{ mm}$
Gruppe 3	neutral	$-3 \text{ mm} < x < 3 \text{ mm}$
Gruppe 4	vergrößert	$3 \text{ mm} < x < 6 \text{ mm}$
Gruppe 5	stark vergrößert	$x > 6 \text{ mm}$

Als die ideale Längenrelation zwischen Ober- und Unterkiefer galt 2 : 3 (66%). Abweichungen von diesem Verhältnis wurden entsprechend Tab. 3.9. bewertet.

Tab. 3.9.: Bewertung der Längenrelation zwischen Oberkiefer und Unterkiefer

	Längenverhältnis Oberkiefer : Unterkiefer
Gruppe 1	$< 63\%$
Gruppe 2	63% - 69%
Gruppe 3	$> 69\%$

Die Abknickung der Schädelbasis und damit die Relation des Clivus zur vorderen Schädelbasis beschreibt der NSBa-Winkel. Der Mittelwert wird von SEGNER und HASUND (1994) mit $131,7^\circ$ angegeben.

3.5. Kontrolle von Messfehlern

Um das Ausmaß des in den Prozess der Auswertung der Fernröntgenseitbilder involvierten Fehlers einschätzen zu können, wurden im Rahmen einer Voruntersuchung 10% der Röntgenaufnahmen (20 Patienten) zufällig ausgewählt und vom gleichen Untersucher im Abstand von drei Wochen zweimal durchgezeichnet und digitalisiert. Anhand der Differenzen zwischen den paarigen Messungen wurde zur Bestimmung der Messgenauigkeit

der Methodenfehler nach DAHLBERG (1940) berechnet. Um eine Aussage über die Zuverlässigkeit der einzelnen Variablen machen zu können, wurde außerdem der Zuverlässigkeitskoeffizient nach HOUSTON (1983) ermittelt.

Methodenfehler (DAHLBERG 1940)

$$\delta = \sqrt{\sum d^2 / 2n}$$

d = Differenz zwischen dem Messwert und dem Mittelwert der Einzelmessungen
n = Anzahl der Messungen

Je kleiner der berechnete Wert ist, desto genauer ist die Messung. Nach DAHLBERG soll der Methodenfehler möglichst unter dem Referenzwert von 1,0 liegen, um eine ausreichende Messgenauigkeit nachweisen zu können.

Zuverlässigkeitskoeffizient

(HOUSTON 1983)

$$\text{Reliability} = 1 - \delta^2 / s_v^2$$

δ = Methodenfehler
 s_v = Standardabweichung der Variable

Der Methodenfehler wird in Relation zur biologischen Varianz der Variablen gesetzt.

Je näher dieser Wert bei 1,0 liegt, desto zuverlässiger ist die untersuchte Variable.

3.6. Statistische Auswertung

Bei den gewonnenen Messwerten handelte es sich um intervallskalierte Variablen, welche als unabhängige Stichproben vorlagen. Mit Hilfe der Software SPSS (Statistical Package for Social Sciences) für Windows Version 8.0 wurden diese statistisch bearbeitet. Die Anwendung der einzelnen statistischen Verfahren erfolgte entsprechend der Empfehlungen von BROSIUS (1998).

3.6.1. Prüfung auf Normalverteilung

Zur Prüfung der Verteilungsform der Messwerte diente der KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test. Als signifikante Abweichung von der Normalverteilung galt eine Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$.

3.6.2. Deskriptive Analyse

Für alle bei der Auswertung der Fernröntgenseitbilder ermittelten Winkel, Strecken und Verhältniszahlen wurden Minimum, Maximum, Median, Mittelwert, Standardfehler des Mittelwertes und Standardabweichung bestimmt.

Die absoluten und relativen Häufigkeiten der folgenden nominalskalierten Gruppierungsvariablen wurden ermittelt:

- Altersgruppe
- Geschlecht
- Ausprägung des Kreuzbisses (rechts/links/beidseitig bzw. einseitig/beidseitig)
- Einlagerung des Oberkiefers (nach SNA-Winkel)
- Einlagerung des Unterkiefers (nach SNB-Winkel)
- Bisslage (nach ANB-Winkel)
- Gesichtstyp (HASUND)
- Gesamtharmonie (HASUND)
- sagittale Harmonie (HASUND)
- vertikale Harmonie (HASUND)
- fazialer Typ (SCHOPF)
- Wachstumstyp (JARABAK)
- Neigungsverhältnisse der Kieferbasen
- Unterkieferkörperlänge
- Längenrelation zwischen Oberkiefer und Unterkiefer

Zur Darstellung vertikaler und sagittaler Entwicklungstendenzen wurden außerdem für die Variablen ANB-Winkel, SNPg-Winkel, Überbiss, sagittale Stufe, NL/NSL-Winkel, ML/NSL-Winkel, ML/NL-Winkel und Kieferwinkel die Häufigkeiten der Ausprägung über bestimmte Grenzwerte bestimmt. Dies erfolgte sowohl für die gesamte Untersuchungsgruppe als auch im Vergleich zwischen einseitigem und beidseitigem Kreuzbiss.

3.6.3. Mittelwertvergleiche

Innerhalb folgender Gruppierungen wurde ein Vergleich der Mittelwerte aller Messwerte durchgeführt:

- Altersgruppe
- Geschlecht
- Gesichtstyp (HASUND)
- Gesamtharmonie (HASUND)
- sagittale Harmonie (HASUND)
- vertikale Harmonie (HASUND)
- fazialer Typ (SCHOPF)
- Ausprägung des Kreuzbisses (einseitig/beidseitig)

Mit dem LEVENE-Test erfolgte die Prüfung auf Gleichheit der Varianzen. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$ wurde von Varianzenungleichheit ausgegangen.

Für den Mittelwertvergleich zwischen zwei Gruppen gelangte der *t-Test* zum Einsatz. Zum Vergleich von mehr als zwei Gruppen wurde eine *einfaktorische Varianzanalyse* (ANOVA) verwendet. Mit Hilfe des BONFERRONI-Testes, welcher einzelne *t-Tests* zwischen den Gruppenmittelwerten durchführt, erfolgten zusätzlich multiple Mittelwertvergleiche (*a-posteriori-Tests*).

3.6.4. Untersuchung kombinierter Häufigkeitsverteilungen

Um mögliche Zusammenhänge zwischen einzelnen Gruppierungsvariablen (Einlagerung des Oberkiefers, Einlagerung des Unterkiefers, Bisslage, Gesichtstyp, Gesamtharmonie, sagittale Harmonie, vertikale Harmonie, fazialer Typ, Wachstumstyp, Neigungsverhältnisse der Kieferbasen, Unterkieferkörperlänge, Längenrelation zwischen Oberkiefer und Unterkiefer) und den Variablen Altersgruppe, Geschlecht und Ausprägung des Kreuzbisses darzustellen, wurden die gemeinsamen Häufigkeitsverteilungen von jeweils zwei Variablen in *Kreuztabellen* angegeben und der *Chi-Quadrat-Test* nach PEARSON (Signifikanzniveau $p \leq 0,05$) durchgeführt. Zusätzlich erfolgte die Bestimmung der *standardisierten Residuen*, durch welche die bei einer vorausgesetzten vollkommenen Unabhängigkeit der Variablen errechneten erwarteten Häufigkeiten mit den tatsächlich beobachteten verglichen wurden. Es wurde die Differenz zwischen beobachteter und erwarteter Häufigkeit gebildet und durch die Quadratwurzel der erwarteten Häufigkeit dividiert. Residuen, welche stärkere Abweichungen als +2 oder -2 zeigten, wurden als auffällig bezeichnet. So war es möglich, das Ausmaß der bestehenden Zusammenhänge zwischen den Variablen darzustellen. Mit Hilfe von gruppierten Balkendiagrammen wurden die Häufigkeiten der Variablen, welche Auffälligkeiten zeigten, grafisch dargestellt.

3.6.5. Clusteranalyse

Mit Hilfe des Zufallsgenerators wurden ca. 25% der Fälle (54 Patienten) ausgewählt und eine *Hierarchische Clusteranalyse* durchgeführt. Dabei wurden die Patienten verschiedenen Gruppen (Clustern) zugeordnet. Fälle, die einander ähnlich waren, wurden jeweils zu einem Cluster zusammengefasst. Als Variablen, anhand derer die Ähnlichkeiten beurteilt wurden, dienten die Winkel der Harmoniebox nach SEGNER und HASUND (SNA-Winkel, SNB-Winkel, ML/NSL-Winkel, NL/NSL-Winkel, NSBa-Winkel). Aus den Ergebnissen dieser Analyse wurde, unter Einbeziehung klinischer Vorüberlegungen, eine sinnvolle Anzahl zu bildender Cluster ermittelt. Die für die Clusterzentren ermittelten Werte wurden übertragen und die gesamte Untersuchungsgruppe durch eine *Clusterzentrenanalyse* in Cluster unterteilt. Die Clusterzugehörigkeit für jeden Fall und die Anzahl der Fälle in

jedem Cluster wurden angegeben. Eine Überprüfung der Frage, ob sich die ermittelten Gruppen tatsächlich signifikant voneinander unterscheiden, erfolgte durch eine *einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA)* für alle gemessenen Winkel, Strecken und Verhältniszahlen. Zur Charakterisierung der einzelnen Cluster wurden jeweils Minimum, Maximum, Median, Mittelwert, Standardfehler des Mittelwertes und Standardabweichung aller Messwerte ermittelt. Für jedes Cluster wurde die Häufigkeitsverteilung aller Gruppierungsvariablen (siehe oben, deskriptive Analyse) ausgewertet. Um mögliche Zusammenhänge zwischen den Gruppierungsvariablen und der Clusterzugehörigkeit der einzelnen Fälle darzustellen, wurden die gemeinsamen Häufigkeitsverteilungen in Kreuztabellen angegeben und der *Chi-Quadrat-Test* nach PEARSON (Signifikanztest) durchgeführt.

Durch die Ermittlung der *standardisierten Residuen* (siehe oben, Untersuchung kombinierter Häufigkeitsverteilungen) wurde es möglich, auffällig starke Ausprägungen der Gruppierungsvariablen in den einzelnen Clustern zu analysieren. Eine graphische Darstellung erfolgte in Form von gruppierten Balkendiagrammen.