

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie,  
Präventive Zahnmedizin und Kinderzahnheilkunde  
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. habil. T. Gedrange)  
im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
(Geschäftsführender Direktor: Univ.- Prof. Dr. Dr. h.c. G. Meyer)  
der Medizinischen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

---

Thema:

**Kephalometrische Charakterisierung eines kieferorthopädischen  
Patientenkollektivs anhand multivariat-statistischer Analysen**

Inaugural – Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnmedizin  
(Dr. med. dent.)

der

Medizinischen Fakultät

der

Ernst-Moritz-Arndt-Universität  
Greifswald

2007

vorgelegt von: Reiner R. Franke  
geb. am: 28.09.1968  
in: Wertheim/Main

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. Heyo K. Kroemer  
1. Gutachter: Priv.- Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Peter Proff  
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Andreas Wree  
(3. Gutachter:)

Raum: Hörsaal ZZMK „Altbau“ Rotgerberstr. 8  
Tag der Disputation: 27.7.2007

**Meinen Eltern**

Lieselotte Franke und  
Reiner Franke, † 2004  
in Dankbarkeit gewidmet

## Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Zielsetzung .....	1
2	Material und Methoden .....	9
2.1	Auswahl der Patienten.....	9
2.2	Kephalometrische Analyse .....	10
2.3	Statistische Datenanalyse .....	15
3	Ergebnisse.....	20
3.1	Faktorenanalytisch basierte Klassifikation .....	20
3.1.1	Hauptkomponentenanalyse.....	20
3.1.2	Clusteranalyse des Gesamtkollektivs .....	23
3.1.3	Clusteranalysen nach sagittaler Kieferrelation .....	30
3.1.3.1	Neutrale Gruppe .....	30
3.1.3.2	Distale Gruppe .....	33
3.1.3.3	Mesiale Gruppe.....	35
3.2	Klassifikation nach Harmonischen Relationen.....	37
3.2.1	Verteilung der Harmonievariablen .....	38
3.2.1.0	Übersicht .....	38
3.2.1.1	Harmoniecluster I .....	43
3.2.1.2	Harmoniecluster II .....	45
3.2.1.3	Harmoniecluster III .....	47
3.2.1.4	Harmoniecluster IV.....	49
3.2.1.5	Harmoniecluster V.....	51
3.2.2	Vergleich nach klinischen Harmoniekriterien.....	53
3.3	Konkordanz der Clusterlösungen .....	59
4	Diskussion .....	60
4.1	Faktorenanalytische Gesamtcluster .....	60
4.2	Skelettale Klassifikation .....	67
4.3	Harmoniecluster .....	72
4.4	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	77
5	Zusammenfassung .....	79
6	Literatur.....	82

## 1 Einführung und Zielsetzung

Die Beurteilung und Klassifikation dentofazialer Fehlbildungen zählt zu den wesentlichen Aufgaben der Kieferorthopädie. Traditionell kommen dabei Methoden zum Einsatz, die auf klinisch-subjektiven und kephalometrischen Kriterien beruhen.

Die Anfertigung von Fernröntgenseitenaufnahmen stellt einen festen Bestandteil der kieferorthopädischen Befundaufnahme dar. Sie geben Aufschluss über den morphologischen Aufbau des Gesichtsschädels, die Einlagerung der Kiefer in den Gesichtsschädel, die Beziehung der Kiefer zueinander und die Stellung der Schneidezahnachsen. Außerdem gestatten sie eine Beurteilung des Weichteilprofils im Zusammenhang mit den darunter liegenden skelettalen Strukturen. Die kephalometrische Vermessung des Schädels anhand der Fernröntgenaufnahmen ermöglicht die Diagnose skelettal bedingter Fehlbildungen, die Vorhersage der Wachstumstendenz des jeweiligen Patienten sowie eine Erfolgsbewertung der kieferorthopädischen Therapie. Neben ihrer großen Bedeutung als klinisches Diagnosemittel besitzt die Fernröntgenanalyse auch einen hohen Stellenwert für die Forschung bei Fragestellungen der kraniofazialen Biologie.

Die kritische Auseinandersetzung mit den Fehlerquellen der Röntgenkephalometrie (*Moorrees 1959, Schmuth und Kreisel 1966, Schmuth und Altuna 1971, Altuna und Schmuth 1974, Gravely und Benzie 1974, Moyers und Bookstein 1979, Moss 1983*) bezog sich in der Vergangenheit meist auf die reproduzierbare Identifizierung der kephalometrischen Referenzpunkte (*Baumrind und Frantz 1971, Houston 1983, Schopf 1994*). Weitere Probleme der traditionellen

Kephalometrie betreffen die mitunter kritiklose Verwendung von Normwerten. Die individuellen Messwerte der diskreten Parameter werden einzeln mit den Stichproben- bzw. Populationsnormen der jeweiligen Fernröntgenanalyse verglichen, die nach Auswertung kleinerer oder größerer Probandengruppen mit annähernder Normokklusion erstellt wurden (*Klink-Heckmann 1982, Schmuth et al. 1988*).

Dabei ist es schwierig, den gesamten kephalometrischen Parametersatz gleichzeitig auf effiziente, quantifizierbare und reproduzierbare Weise zu berücksichtigen (*Hirschfeld et al. 1973*). Dies ist besonders gravierend, wenn ein einzelner kephalometrischer Parameter als Leitkriterium für die Klassifikation kieferorthopädischer Patienten verwendet wird, und betrifft vor allem den ANB-Winkel, der als konstante Differenz von  $2^\circ$  der Winkel SNA und SNB definiert wurde (*Ferrazzini 1976, Järvinen 1986, 1988, Panagiotidis und Witt 1977*).

Eine univariate Analyse wird nämlich den unterschiedlich miteinander assoziierten Parametern kaum gerecht. Vielmehr existiert ein bestimmtes Muster von Zusammenhängen und Beziehungen zwischen den Komponenten des kraniofazialen Komplexes, wie erstmals von *Solow (1966)* in seiner klassischen Publikation „*The pattern of the craniofacial associations*“ aufgezeigt wurde. Mit Hilfe von Korrelationsuntersuchungen und Faktorenanalysen an einer Gruppe von 102 kieferorthopädisch nicht vorbehandelten, männlichen Zahnmedizinstudenten im Alter von 20 bis 30 Jahren beschrieb er die Beziehungen zwischen kephalometrischen Winkel- und Streckenmessungen sowie ausgewählten Körpermaßen. *Solow* betont, dass zwei Variable, die über einen gemeinsamen

Referenzpunkt verfügen, stets eine gewisse Korrelation aufweisen, wobei er zwischen der erwarteten, „topographischen“ Korrelation und dem tatsächlich verbleibenden Betrag der realen, biologischen Korrelation unterscheidet. Seine Ergebnisse zeigen sowohl generelle Wechselwirkungen zwischen Schädel- und Körpermaßen, wie auch zwischen Variablen innerhalb einer bestimmten Region des kraniofazialen Komplexes. Weitere Ausführungen betreffen die dentale Kompensation skelettaler Anomalien und den Zusammenhang zwischen der Ausprägung skelettaler Diskrepanzen und der resultierenden Bissanomalien.

Diese Pionierarbeit führte in der Folge zu verstärkten Forderungen nach der Anwendung multivariat-statistischer Methoden im Rahmen der kephalometrischen Analyse für individuell-klinische Zwecke wie auch für die gruppenstatistische Forschung. Eine Vielzahl von Vorschlägen betrifft die „Individualisierung“ von Normwerten, wie zum Beispiel für den ANB-Winkel und das WITS Appraisal (*Panagiotidis und Witt 1977, Gebauer 1979, Järvinen 1984, 1986, 1988, 1992*). Dabei wird die Abhängigkeit des interessierenden Fernröntgenparameters von anderen Parametern regressionsstatistisch ermittelt und zur Berechnung eines individuellen Erwartungswertes herangezogen, der dann mit dem empirischen Messwert verglichen wird.

Nach ersten Vorschlägen von *Enlow et al. (1969)*, die anhand von drei vertikalen und vier horizontalen Strecken auf dem Fernröntgenbild die Begriffe der Formbalance und der Wachstumsbalance einführten, bauten insbesondere *Hasund* und *Segner* das auf gleitenden Normen basierende Konzept der individuellen kraniofazialen Harmonie zu einem umfassenderen kephalometrischen

Analysesystem aus (*Hasund et al.* 1974, *Hasund und Böe* 1980, *Segner* 1989, *Segner und Hasund* 1994).

Das Konzept der „Harmonischen Relationen“ basiert auf der Beobachtung, dass ein harmonischer Gesichtsschädelaufbau durch bestimmte Beziehungen der Sagittal- zur Vertikalebene charakterisiert ist, die nicht direkt aus statistisch erhobenen Bevölkerungsmittelwerten herzuleiten sind. So weisen der Prognathiegrad, die Neigung von Unterkiefer und Oberkiefer und die Abknickung der Schädelbasis einen mathematisch beschreibbaren Zusammenhang auf (*Hasund et al.* 1974). Je retrognather die Position von Maxilla und Mandibula, desto eher tendieren sie zu einer posterioren, größeren Neigung und einem größeren Winkel zwischen Clivus und vorderer Schädelbasis. Reflektieren die Variablen eines Patienten diese Beziehungen, wird das Gesicht als harmonisch, andernfalls als disharmonisch bezeichnet.

Bei einem Patienten erhobene Daten werden nicht mit Bevölkerungsmittelwerten verglichen, sondern die Synopse der Messwerte fungiert als Grundlage der kephalometrischen Analyse. Ein Referenzkollektiv ist lediglich zur Beschreibung der harmonischen Relationen notwendig, die graphisch in der sogenannten Harmoniebox veranschaulicht werden. Die entsprechende Korrelationsmatrix wurde von *Segner* und *Hasund* (1994) durch ihre Studie an 275 unbehandelten, jungen Erwachsenen mit Idealokklusion anhand von fünf elementaren kephalometrischen Variablen (SNA, SNB, NL-NSL, MLNSL, NSBa) gewonnen. Auf der Basis der entsprechenden Regressionsgleichungen wurden die Werteskalen dieser Variablen in der Harmoniebox so angeordnet, dass zueinander passende, also

harmonische Werte für die fünf Variablen auf einer Horizontalen liegen (*Segner und Hasund 1994*).

Im klinischen Einzelfall erfolgt die Beurteilung der Harmonie zwischen den kephalometrischen Parametern durch Berechnung der individuellen Erwartungswerte mittels der jeweiligen Regressionsgleichungen und anschließendem Vergleich mit den tatsächlich beobachteten Werten. Die Erwartungswerte selbst stellen somit eine individuelle Norm für den betreffenden Patienten dar.

Liegen die einzelnen Messwerte eines Patienten ungefähr in Höhe einer horizontalen Linie, spricht dies für einen harmonischen Aufbau des Gesichtsschädels. Bei größeren Abweichungen von dieser Harmonielinie handelt es sich dagegen um einen eher disharmonischen Gesichtsschädelaufbau. Bei der Beurteilung des Gesichtstyps und der Harmonie zwischen Prognathie- und Neigungsgrad muss mit einer großen Variationsbreite gerechnet werden. Eine innerhalb der Harmoniebox bewegliche Schablone, die den Werten von NL-NSL, NSBa und ML-NSL mehr Variation zugesteht, markiert die Grenzen des Harmonietoleranzbereiches, die aus den statistischen Fehlerberechnungen der Regressionsgleichungen abgeleitet sind.

Prinzipiell könnte aufgrund der Abhängigkeiten im Bereich des Gesichtsschädels eine Vielzahl von Variablen in das Harmonieschema integriert werden; aus Gründen der Übersichtlichkeit und klinischen Relevanz erfolgt jedoch eine Beschränkung auf die wichtigsten skelettalen kephalometrischen Parameter.

Die Bedeutung dieses Konzepts der „fließenden“ Normen, das wichtige Zusammenhänge des individuellen Gesichtsschädelaufbaus

berücksichtigt (*Segner und Hasund 1994*), für die kieferorthopädische Diagnosestellung und Behandlungsplanung, nicht zuletzt bei einer kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Kombinationstherapie, wurde von anderen Autoren bestätigt (*Steinhäuser und Janson 1988, Tollaro et al. 1996, Franchi et al. 1998, Gesch 2000, Gesch et al. 2005*).

Während die Anwendung der multiplen Regressionsanalyse ihren Niederschlag vorwiegend in klinisch orientierten Versuchen zur Individualisierung kephalometrischer Normen oder zur Kontrolle von Alters- und Geschlechtseffekten fand, diente der bislang seltene Einsatz weiterer multivariat-statistischer Verfahren in diesem Fachgebiet der Grundlagenforschung und klinisch orientierten Forschung (*Albrecht 1979, Dibbets et al. 1997*). So fanden in jüngerer Zeit ausgefeilte multivariat-statistische Methoden wie die Clusteranalyse und die Diskriminanzanalyse taxonomische Anwendung, um die Beurteilung des individuellen Falles als Ganzen zu verbessern und vorhandene Klassifikationssysteme zu objektivieren (*Howells 1969, Moyers et al. 1980, Oemus 1986*).

Mit Hilfe der linearen Diskriminanzanalyse lässt sich die Zugehörigkeit zu diskreten klinischen Kategorien (Diagnosegruppen, Wachstumsrichtung, künftiger chirurgischer Behandlungsbedarf, Therapieerfolg) mit definierbarer Wahrscheinlichkeit anhand von Prädiktorvariablen wie etwa kephalometrischen Anfangsbefunden vorhersagen (u.a. *Fischer-Brandies et al. 1985, Muretic et al. 1992, Allanson et al. 1993, Abu Alhajja und Richardson 2003, Battagel 1994, Franchi et al. 1997, Hsiao et al. 1996, Kaiser und Abt 1996, Lambrechts et al. 1996, McSherry et al. 1997, Laino et al. 2003,*

*Schuster et al. 2003, Moon et al. 2005, Patil und Mody 2005, Wells et al. 2006, Yoshida et al. 2006).*

Ein weiteres Einsatzgebiet multivariater Methoden besteht in der heuristischen Identifikation überzufälliger Merkmalskonfigurationen als Vorbedingung einer validen Klassifikation. So stellt die explorative Faktorenanalyse das Verfahren der Wahl dar, um latente dimensionale Strukturen aus einer Vielzahl miteinander korrelierter Variablen zu extrahieren, wie sie typischerweise bei kephalometrischen Parametersätzen vorliegen. Auch dieses Verfahren wurde bislang nur gelegentlich im Rahmen von Untersuchungen zur kraniofazialen Morphologie eingesetzt (*Hirschfeld 1972, Nakata et al. 1974, Liebgott 1977, Cleall et al. 1979, Horowitz et al. 1976, 1980, Lavelle 1985, Lowe et al. 1986, Sato et al. 1990, Suzuki und Takahama 1991, Yanagita et al. 1992, Lu et al. 1993, Kasai et al. 1997, Tangugsorn et al. 1999, Throckmorton et al. 1999, Veleminska 2000, Bui et al. 2006).*

Hingegen wird die Clusteranalyse – ein Verfahren, um bislang ungruppierte Objekte zu klassifizieren, indem ähnliche Entitäten jeweils denselben Clustern zugeordnet werden – vorwiegend zur Typisierung von Personen verwendet. So können Patientenkollektive anhand einer begrenzten Zahl von Parametern hinsichtlich ihrer multidimensionalen Ähnlichkeit auf intern homogene, aber untereinander heterogene Subgruppen aufgeteilt werden. Damit lässt sich ein Beitrag zur ätiologischen Aufklärung widersprüchlicher Befunde bei der Untersuchung eher grob gefasster klinischer Einheiten wie etwa der Angle-Klassen und zu einer Neudefinition dysgnather Fehlbildungssyndrome leisten (*Hirschfeld et al. 1973, Lavelle 1977, Bhatia et al. 1979, Moyers et al. 1980, Oemus 1986, Finkelstein et al. 1989,*

*Keeling et al. 1989, Fine und Lavelle 1992*). Dennoch existieren bislang relativ wenige Studien, in denen clusteranalytische oder ähnliche Verfahren zur Klassifikation kraniofazialer Konfigurationen oder Funktionstypen zum Einsatz gelangten (*Finkelstein et al.1989, Ward et al.1989, Wong et al.1989, Suzuki und Takahama 1991, Ferrario et al. 1992, Lavelle 1992, Mackay et al. 1992, Tsuchiya et al. 1992, Espona et al. 1995, Hanihara et al. 1996, Koch und Bartsch 1996, Bai et al. 1997, Moore et al. 2000, Veleminska et al. 2000, 2001, Hong und Yi 2001, Zou et al. 2001, McIntyre and Mossey 2002, 2004, Velly et al. 2002, Abu Alhaja und Richardson 2003, Bui et al. 2006, Dicker et al. 2007*).

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher,

1. einen Teil des Patientengutes der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Greifswald nach seinen kephalometrischen Charakteristika mit Hilfe multivariat-statistischer Verfahren zu beschreiben und damit
2. die Möglichkeiten multivariater Analysen für die Klassifikation kieferorthopädischer Patientengruppen exemplarisch aufzuzeigen, insbesondere mit Hilfe a) der explorativen A-posteriori-Klassifikation mittels Clusteranalysen anhand eines vollständigen kephalometrischen Parametersatzes, b) der clusteranalytischen Binnendifferenzierung prädefinierter Teilkollektive am Beispiel der sagittalen Basenrelation, c) der clusteranalytischen Differenzierung im Rahmen eines theoriegeleiteten Analyseansatzes am Beispiel des Konzepts der Harmonischen Relationen. Dabei kommen die Faktorenanalyse sowie die lineare schrittweise Diskriminanzanalyse flankierend zum Einsatz, um den Beitrag der Klassifikationsvariablen zum Klassifikationsergebnis zu kontrollieren bzw. zu überprüfen.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Auswahl der Patienten

Gegenstand der vorliegenden retrospektiven Untersuchung war ein Teil des aktuellen Patientengutes der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Greifswald. Patienten mit Spaltfehlbildungen und kraniofazialen Anomalien im Rahmen von Syndromerkrankungen wurden ausgeschlossen. Zum Ausschluss therapiebedingter Veränderungen der Gesichtsschädelmorphologie wurden nur vor Beginn der kieferorthopädischen Behandlung angefertigte Aufnahmen einbezogen.

Von insgesamt 259 Patienten standen kephalometrische Daten zur Verfügung. Davon waren 144 Patienten (55,6%) weiblichen und 115 Patienten (44,4%) männlichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Fernröntgenaufnahme betrug 15,5 Jahre (Median 13,8 J., Standardabweichung 7 J.) bei einer Altersspanne von 6,9 bis 48 Jahren und einem 90%-Rang von 24 Jahren.

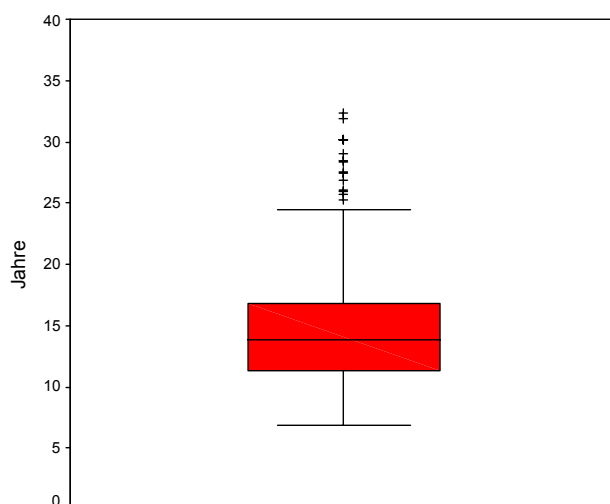


Abb. 1: Boxplot der Altersverteilung (ohne Extremwerte)

## 2.2 Kephalmetrische Analyse

Zur computergestützten Auswertung der Fernröntgenseitenbilder mit Hilfe des Programmes FR-WIN (Computer konkret, Falkenstein) diente eine an der Universität Greifswald angewandte modifizierte Bergen-Analyse (Hasund 1974, Segner 1994).

Für die Untersuchung wurden die in Tab. 1 wiedergegebenen Messwerte und abgeleiteten Parameter verwendet:

Außerdem wurde eine kategoriale Einstufung wichtiger klinischer Parameter der sagittalen und vertikalen Verhältnisse vorgenommen:

- Zur Klassifizierung des Prognathiegrades von Oberkiefer bzw. Unterkiefer diente der SNA-Winkel bzw. der SNB-Winkel. Bei Werten von  $79^\circ \leq \text{SNA} \leq 85^\circ$  bzw.  $77^\circ \leq \text{SNB} \leq 83^\circ$  wird Orthognathie angenommen; bei niedrigeren Werten liegt Retrognathie, bei höheren Prognathie vor.
- Die Einstufung der sagittalen Relation zwischen Oberkieferbasis und Unterkieferbasis erfolgte mit Hilfe des individualisierten ANB-Winkels nach der Formel  $\text{ANB}_{\text{diff}} = \text{ANB} - \text{ANB}_{\text{ind}}$  (Panagiotidis und Witt 1977) und des WITS Appraisal (Jacobson 1975). Die Kriterien für die Bestimmung der skelettalen Klasse lauten:

Klasse (Relation)	ANB <sub>diff</sub>	WITS	
		weiblich	männlich
Kl. I (distal)	$\text{ANB}_{\text{diff}} > 1$	WITS > 0	WITS > 1
Kl. II (neutral)	$-1 \leq \text{ANB}_{\text{diff}} \leq +1$	WITS = 0	WITS = 1

Kl. III (mesial)

$ANB_{diff} < -1$

$WITS < 0$

$WITS < 1$

Bezeichnung	Definition
<i>Sagittale Analyse</i>	
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
$ANB_{diff} = ANB - ANB_{ind}$	Differenz zwischen ANB-Winkel und individualisiertem ANB-Winkel
SnPg-Winkel	Winkel zwischen Sella, Nasion und Pogonion
PgNB-Winkel	Winkel zwischen Pogonion, Nasion, B-Punkt
PgNB Summe	Lotrechte Verbindung vom Punkt Pg zur NB-Linie
WITS Appraisal	Abstand der senkrechten Projektion der Punkte A und B auf der Okklusionsebene
<i>Vertikale Analyse</i>	
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
S-Ar-Go	Gelenkwinkel zwischen Sella, Articulare und Gonion
Gonionwinkel	Winkel zwischen Mandibularlinie und Linie Ar-tgo (ArGoMe)
unterer Gonionwinkel	unterer Abschnitt des Kieferwinkels (NtgoGn)
oberer Gonionwinkel	oberer Abschnitt des Kieferwinkels (NtgoAr)
Gesamtgesichtswinkel (Summenwinkel)	Summe von Sella- (NSAr), Gelenk- (SArGo) und Gonionwinkel (ArGoMe) nach <i>Björk</i>
Fazialachse	Winkel zwischen Schnittpunkt der Schädelbasisebene (Basion-Nasion) und der Fazialachsenebene (Pterygoid-Gnathion)
S-Go/N-Me	Verhältnis von hinterer zu vorderer Gesichtshöhe *100 (Ratio nach <i>Jarabak</i> )
N-Sp'	obere vordere Gesichtshöhe: Strecke zwischen Nasion (N) und Spina (Sp')
Sp'-Gn	untere vordere Gesichtshöhe Strecke zwischen Spina (Sp') und Gnathion (Gn)
Index	Index der Gesichtshöhe $N-Sp':Sp'-Gn * 100$

Tab. 1: Verwendete kephalometrische Parameter

<b>Bezeichnung</b>	<b>Definition</b>
<i>Schädelbasisanalyse</i>	
N-Se	vordere Schädelbasislänge nach <i>Schwarz</i>
NSBa	Schädelbasiswinkel (Winkel zwischen NS-Linie und Basion)
NSAr	Sellawinkel (Winkel zwischen NS-Linie und Articulare )
<i>Metrische Analyse der Kiefer</i>	
ML	Mandibularlinie: Linie durch die Punkte Gnathion (Gn) und Gonion-Tangentenpunkt (tgo)
Corpus	UK-Corpuslänge
Ramus	Länge des Ramus ascendens: Strecke zwischen Articulare und Gonion (Ar-Go)
Unterkieferlänge	Strecke zwischen Condylion und Pogonion
Oberkieferlänge	Strecke zwischen Condylion und A-Punkt
NL	Nasallinie: Verbindungslinie zwischen Spina (Sp) und Pterygomaxillare (Pm)
<i>Weichteilanalyse</i>	
Nasolabialwinkel	Winkel zwischen Columella-Tangente und Oberlippen-Tangente
H-Winkel	Holdaway-Winkel: Relation der Weichteile (H-Linie) zur NB-Linie
<i>Dentale Analyse</i>	
1-ML	Winkel zwischen UK-Schneidezahnachse und Mandibularlinie
1-NL	Winkel zwischen OK-Schneidezahnachse und Nasallinie
1-NA (mm)	Abstand der Inzisalkante des mittleren Oberkieferschneidezahnes zur NA-Linie
1-NA (°)	Achsenneigungswinkel der OK-Inzisiven
1-NB (mm)	Abstand der Inzisalkante des mittleren Unterkieferschneidezahnes zur NB-Linie
1-NB (°)	Achsenneigungswinkel der UK-Inzisiven
Interinzisalwinkel	Relation der Achsen von Ober- und Unterkieferinzisiven in Bezug auf ihre labio-linguale Achsenneigung.

Tab. 1 (Fortsetzung): Verwendete kephalometrische Parameter

Bei Abweichungen der Einstufungen um eine Klasse wurde die Klassifikation anhand von  $ANB_{diff}$  zugrunde gelegt, bei Abweichungen um zwei Klassen wurden die entsprechenden Fälle nicht klassifiziert. Bei diesem Vorgehen konnten 226 der 259 Patienten (87,3 %) klassifiziert werden.

- Zur Beurteilung der vertikalen Verhältnisse wurden die Neigung der Kieferbasen und der Index der anterioren Gesichtshöhe herangezogen.

Bei Werten von  $20,5^\circ \leq ML-NL \leq 26,5^\circ$  wird Normodivergenz angenommen; bei niedrigeren Werten liegt Hypodivergenz, bei höheren ein Hyperdivergenz vor.

Bei Werten von  $71\% \leq N-Sp'/Sp'-Gn \leq 89\%$  wird eine neutrale vertikale Basenrelation angenommen; bei niedrigeren Werten liegt ein skelettal offener Biss, bei höheren ein skelettaler Tiefbiss vor.

Einem Teil der Analysen liegt das Konzept der „Harmonischen Relationen“ nach *Segner* (1994) zugrunde.

Die Beurteilung erfolgt dabei anhand der Parameter SNA, SNB, NSBa, NL-SNL und ML-NSL, die in die Harmoniebox eingetragen und durch das Harmonieschema überlagert werden. Dieses wird so positioniert, dass die Abstände der Messwerte (SNA und SNB doppelt gewichtet) oberhalb der Zentrallinie (Superharmonielinie) jenen unterhalb der Linie entspricht.

Zur kategorialen Einteilung der Patienten wurde in Abweichung vom oben beschriebenen Vorgehen eine entsprechende Individualisierung der einzelnen kephalometrischen Parameter entsprechend dem Harmonieschema vorgenommen:

- Der Gesichtstyp wird von der Position der Zentrallinie in der Harmoniebox bestimmt und auf der SNA-Skala entsprechend den oben genannten Klassengrenzen abgelesen.
- Zur Bestimmung der sagittalen Harmonie ergibt die Positionierung der Zentrallinie auf dem gemessenen SNA-Wert eine neutrale sagittale Relation, wenn die Differenz zwischen dem individualisierten und dem gemessenen SNB-Wert bis zu  $2^\circ$  beträgt. Liegt der Wert um mehr als  $2^\circ$  oberhalb des erwarteten Wertes, wird eine distale Relation angenommen, liegt er um mehr als  $2^\circ$  unterhalb, wird eine mesiale Relation angenommen.
- Die Beurteilung der vertikalen Harmonie erfolgt nach Orientierung der Zentrallinie auf dem gemessenen NL-NSL-Wert. Die Lage des gemessenen ML-NSL-Winkels innerhalb, oberhalb oder unterhalb des Harmonieschemas weist entsprechend auf eine neutrale, hyperdivergente bzw. hypodivergente Kieferrelation hin.
- Sofern sämtliche Messwerte vom Harmonieschema eingegrenzt werden, liegt ein harmonischer, andernfalls ein disharmonischer Gesichtstyp vor.

Außerdem wurde die Gesamtdisharmonie anhand der Summe der Messwertabweichungen von der Zentrallinie quantifiziert (*Koch und Bartsch* 1998) und z-standardisiert als Disharmonie-Index wiedergegeben ( $z > 0$  überdurchschnittliche Gesamt-

Disharmonie,  $z < 0$  unterdurchschnittliche Gesamt-Disharmonie,  $|1z| \hat{=} 1$  Standardabweichung).

### **2.3 *Statistische Datenanalyse***

Zur differenzierten multivariaten Charakterisierung des vorliegenden Patientenkollektivs wurden drei Auswertungsansätze gewählt.

Der erste Auswertungsansatz dient der Typisierung des gesamten Patientenkollektivs anhand des gesamten kephalometrischen Parametersatzes ohne A-priori-Bildung separater Gruppen.

Um die im Parametersatz erfassten kraniofazialen Grunddimensionen unabhängig von ihrer Repräsentation durch die einzelnen Parameter zu erfassen, wurde zunächst eine Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse) über die Ausgangsvariablen durchgeführt. Grundlage dieses datenreduzierenden Verfahrens ist die Annahme, dass möglichst viele Ausgangsvariablen durch latente, also nicht direkt messbare Hintergrundvariablen erklärt und beschrieben werden können.

Da es sich um eine explorative Faktorenanalyse handelt, besitzt die Erfüllung der Verteilungsvoraussetzungen keine entscheidende Bedeutung. Wegen der schwierigen Überprüfung der multivariaten Normalverteilungsannahme wurde lediglich eine Prüfung der univariaten Verteilungen auf Normalität (mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests) sowie eine visuell-graphische Beurteilung anhand von Scatterplots (elliptische Punktwolke) vorgenommen.

Als Kriterium für die Extraktion von Faktoren dienten das Kaiser-kriterium sowie das Scree-Diagramm. Extrahiert wurden Faktoren mit Eigenwerten  $> 1$ . Zur besseren Interpretierbarkeit der Faktoren wurde eine orthogonale Varimaxrotation auf Einfachstruktur durchgeführt.

Aus den Faktorladungen der Ausgangsvariablen wurden für die Patienten individuelle Faktorwerte für jede der extrahierten Komponenten berechnet, die die Grundlage für die nachfolgende Durchführung von Klassifikationsverfahren bildeten.

Bei der Clusteranalyse werden die einzelnen Patienten mit Hilfe mathematisch-geometrischer Algorithmen in einem schrittweisen Optimierungsverfahren zu Gruppen, d.h. sogenannten Clustern, zusammengefasst. Als Kriterium gilt eine möglichst große Ähnlichkeit der Variablenausprägungen innerhalb der Mitglieder eines Clusters bei möglichst geringer Ähnlichkeit zwischen den Mitgliedern verschiedener Cluster. Die Klassifikation erfolgte jeweils zunächst durch eine agglomerative hierarchische Clusteranalyse, deren Klassifikationsergebnis dann anschließend mit Hilfe des Clusterzentren-(k-means-) Verfahrens optimiert wurde.

Bei agglomerativen hierarchischen Verfahren werden durch fortlaufende Zusammenfassung von Patienten immer größere Cluster gebildet. Zuerst repräsentiert jeder Patient ein eigenes Cluster; im folgenden Schritt werden dann diejenigen beiden Patienten/ Cluster, deren Distanz am geringsten ist, d.h. die einander am ähnlichsten sind, fusioniert. Auf der Grundlage dieser Aufteilung wird eine neue Distanzmatrix erstellt, die ihrerseits wieder Ausgangspunkt einer

neuen Fusion ist. Als Maß für die Ähnlichkeit bzw. die Unähnlichkeit der Patienten diente die euklidische Distanz

$$d(x, y) = |x - y| = \|x - y\|_2 = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Bei der hierarchischen Clusteranalyse nach *Ward* basiert die Zuordnung einer Beobachtung zu einer Gruppe auf der geringsten Erhöhung der Fehler-Quadratsumme.

Das k-means-Verfahren entspricht mathematisch einer Optimierung,

bei der die Zielfunktion  $\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n |x_{ij} - c_j|^2$  minimiert wird, wobei  $|x_{ij} - c_j|^2$  den Abstand zwischen dem Datenpunkt  $i$  und dem Clusterzentrum  $j$  definiert. Es verlangt die Vorgabe der gewünschten Clusterzahl  $k$ .

Zur Initialisierung werden die  $k$  vorgegebenen Clusterzentren auf  $k$  zufällig ausgewählte Datenpunkte gesetzt, die unterschiedliche Positionen im  $p$ -dimensionalen Raum aufweisen. Jedem Clusterzentrum wird eine eindeutige Klassennummer (1 bis  $k$ ) zugewiesen. Zur Klassifizierung wird jedem Datenpunkt die Klassennummer des nächsten Clusterzentrums zugewiesen. Dann wird die Position der Clusterzentren neu berechnet, indem alle zu einer bestimmten Klasse gehörenden Datenpunkte gemittelt werden. Iterationen dieses Vorgehens erfolgen, bis die Klassifizierung stabil ist.

Die deskriptiven Verteilungskennwerte der ursprünglichen kephalometrischen Parameter sowie die Verteilungen der abgeleiteten Größen wurden für die gebildeten Cluster berechnet und dargestellt.

Schließlich wurde eine lineare Diskriminanzanalyse durchgeführt, mit deren Hilfe redundante Prädiktormerkmale zugunsten eines ökonomischen Variablensatzes von maximalem Erklärungswert eliminiert werden können.

In einem schrittweisen Verfahren wurden diejenigen kephalometrischen Parameter identifiziert, durch deren Linearkombination sich die Clustereinteilung möglichst effektiv und zugleich ökonomisch reproduzieren lässt.

Die Diskriminanzgleichung  $D = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_p X_p$  ist als Zufallsvariable definiert, die als Linearkombination aus den betrachteten Werten der Variablen  $X_{1-p}$  unter Berücksichtigung der Koeffizienten  $B_{0-p}$  gebildet wird. Dabei werden die Werte  $B_{1-p}$  so gewählt, dass die Werte der Diskriminanzfunktion so stark wie möglich zwischen den Gruppen differenzieren. Bei mehr als zwei Gruppen gibt es in der Regel mehrere Diskriminanzfunktionen, deren Anzahl dem Minimum aus Gruppenanzahl und Anzahl der Variablen  $- 1$  entspricht. Wilks  $\lambda$  als Prüfgröße für den Test auf Mittelwertsunterschiede mehrerer Gruppen drückt das Verhältnis der Quadratsummen innerhalb der Gruppen zur Gesamtquadratsumme aus, beruht also auf den Eigenwerten der Diskriminanzfunktionen.

Die Klassifikationsgüte wird durch eine Kreuztabellierung der tatsächlichen mit den durch die Diskriminanzfunktionen vorhergesagten Gruppen überprüft.

Der zweite Auswertungsansatz unterscheidet sich nur insoweit vom ersten Ansatz, als für die Clusteranalysen und nachfolgenden Diskriminanzanalysen nicht das gesamte Patientenkollektiv, sondern anhand der sagittalen Basenrelation gebildete A-priori-Gruppen

herangezogen wurden (neutrale Gruppe, distale Gruppe, mesiale Gruppe).

Beim dritten Auswertungsansatz erfolgte die Klassifikation nicht anhand des gesamten (faktorierten) Parametersatzes, sondern nur anhand der Variablen des Harmonieschemas (SNA, SNB, NSBa, ML-NSL, NL-NSL).

Zur Signifikanzprüfung von Verteilungsunterschieden wurden die folgenden Verfahren angewandt:

Mittelwertsvergleiche zwischen einzelnen Gruppen wurden mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) bzw. entsprechender Post-hoc-Tests durchgeführt.

Für die Analyse von Kontingenztafeln wurde die  $\chi^2$  - Statistik bzw. der exakte Test nach *Fisher* berechnet. Zur Interpretation signifikanter Tafeleffekte wurden die z-standardisierten Residuen als Maß der Abweichung der beobachteten von den erwarteten Feldhäufigkeiten herangezogen.

Für sämtliche Signifikanzprüfungen wurde  $\alpha = 0,05$  zugrunde gelegt.

Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des Programmsystems SPSS für Windows durchgeführt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Faktorenanalytisch basierte Klassifikation

##### 3.1.1 Hauptkomponentenanalyse

Als Ergebnis der Hauptkomponentenanalyse wurden 10 Faktoren mit Eigenwerten > 1 extrahiert und zur Gewinnung einer Einfachstruktur orthogonal rotiert (Tab. 2). Damit ließ sich die Gesamtvarianz des kephalometrischen Parametersatzes zu 84,15% aufklären.

Hauptkomponente	Eigenwerte			nach Rotation		
	total	% der Varianz	kumul. %	total	% der Varianz	kumul. %
1	7,12	16,96	16,96	5,42	12,92	12,92
2	5,86	13,95	30,92	5,09	12,13	25,04
3	4,62	11,01	41,92	4,68	11,15	36,19
4	4,17	9,93	51,85	4,46	10,62	46,81
5	3,54	8,43	60,28	3,12	7,43	54,25
6	2,92	6,95	67,22	3,05	7,26	61,51
7	2,76	6,58	73,81	2,98	7,10	68,61
8	2,03	4,83	78,63	2,90	6,92	75,53
9	1,18	2,82	81,45	2,35	5,59	81,12
10	1,13	2,70	84,15	1,27	3,03	84,15

Tab. 2: Faktorenstruktur (10 Faktoren aus Hauptkomponentenanalyse) orthogonal rotiert

Die Kommunalitäten als Maß der Aufklärung einer Variablen durch die extrahierten Faktoren (Summe der quadrierten Ladungen einer Variablen) sind in Tab. 3 wiedergegeben.

SNA	,940
SNB	,964
SnPg	,969
ML-NSL	,968
NL-NSL	,828
ML-NL	,913
H-Winkel	,717
Nasolabial-Winkel	,385
1-NA °	,882
1-NA mm	,771
1-NB °	,801
1-NB mm	,841
Interinzisalwinkel	,973
PgNB	,812
NSBa	,759
Index	,606
ANB	,906
1-NL °	,833
1-ML °	,854
Gonionwinkel	,955
ob. Gonionwinkel	,892
unt. Gonionwinkel	,935
Gesamtgesichtswinkel	,968
NSAr	,858
SArGo	,925
S-Go/N-Me	,392
Wits	,357
PgNB Summe	,759
Fazialachse	,520
N-Sp'	,900
Corpus	,954
N-Se	,921
NL	,997
ML	,973
Ramus	,997
OK-Länge	,997
UK-Länge	,973
Sp-Gn'	,596
ANB diff	,920

Tab. 3: Kommunalitäten der kephalometrischen Parameter

Die Ladung der einzelnen Parameter auf den extrahierten Faktoren zeigt Tab. 4.

	Hauptkomponente									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SNA	-,31	,05	,03	-,07	,84	,02	,03	-,35	,07	,03
SNB	-,33	,10	-,64	-,01	,49	,05	,07	-,38	,17	,06
SnPg	-,44	,09	-,67	,01	,35	,04	,04	-,40	,16	,06
ML-NSL	,94	-,03	,18	-,01	-,03	-,02	-,04	,20	-,05	,03
NL-NSL	,26	-,04	-,07	,00	-,08	-,04	-,17	,80	-,12	-,24
ML-NL	,84	,00	,24	-,01	,02	,00	,07	-,33	,02	,20
H-Winkel	,16	-,04	,70	,00	,35	,00	,22	-,01	-,02	-,18
Nasolabial-Winkel	,14	-,04	,57	-,04	,10	,06	-,04	-,04	-,08	-,09
1-NA °	-,07	,04	-,25	,08	-,31	,05	,81	-,18	,13	,01
1-NA mm	,03	,14	-,13	,84	-,01	,04	,13	,00	,04	-,08
1-NB °	,10	,01	,30	,00	,59	-,05	,56	,16	-,08	,05
1-NB mm	,05	,14	,01	,86	,18	,00	,06	,05	-,03	-,19
Interinzisalwinkel	-,03	-,03	-,21	-,03	-,22	,00	-,93	,01	,04	-,06
PgNB	-,07	,16	-,02	,72	-,28	,00	-,02	-,04	,03	,43
NSBa	,07	,02	,23	,00	-,18	,01	,06	,78	,16	,18
Index	-,19	,10	,15	-,10	-,14	-,02	-,03	-,08	,13	-,69
ANB	,05	-,07	,85	-,08	,38	-,04	-,05	,07	-,12	-,04
1-NL °	-,10	,06	-,33	,04	,04	,04	,83	,03	,04	-,07
1-ML °	-,44	-,01	,51	,01	,28	-,05	,52	,18	-,13	,03
Gonionwinkel	,74	-,02	-,27	-,01	,18	-,01	-,06	-,05	,54	-,07
ob. Gonionwinkel	,07	,01	-,22	,01	,05	,02	,00	-,03	,90	-,17
unt. Gonionwinkel	,92	-,04	-,18	-,02	,20	-,03	-,08	-,04	-,02	,04
Gesamtgesichtswinkel	,94	-,03	,18	-,01	-,03	-,02	-,04	,20	-,05	,03
NSAr	-,01	,07	,31	,02	-,22	,02	,08	,76	,29	,20
SArGo	,08	-,06	,18	-,02	-,03	-,02	-,04	-,39	-,85	-,06
S-Go/N-Me	-,57	-,06	,02	-,10	,15	-,03	-,02	-,17	-,01	,01
Wits	-,12	-,04	,52	-,02	-,13	,01	-,11	-,02	-,05	,19
PgNB Summe	-,01	,02	-,05	,68	-,34	,01	-,05	,01	,06	,42
Fazialachse	-,50	,04	-,21	,06	-,09	,02	,08	-,09	,44	,04
N-Sp'	,08	,91	,04	,10	,01	,08	-,03	,16	-,03	-,15
Corpus	-,11	,96	-,07	,11	,02	-,08	,06	-,02	,03	,00
N-Se	-,04	,93	,05	,13	-,04	-,10	,01	-,02	,07	-,13
NL	-,01	-,05	,00	,03	,01	1,00	,01	,00	,02	,01
ML	-,08	,96	-,13	,12	,02	-,08	,06	-,02	,04	,03
Ramus	-,02	-,05	-,02	,03	,00	1,00	,01	,00	,00	,01
OK-Länge	-,01	-,05	,00	,03	,00	1,00	,02	-,01	,02	,01
UK-Länge	-,08	,96	-,13	,12	,02	-,08	,06	-,02	,04	,03
Sp'-Gn	,24	,66	-,11	,22	,03	,08	-,04	-,07	-,05	,17
ANB diff	-,08	-,10	,90	-,05	-,04	-,05	-,06	,21	-,17	-,07

Tab. 4: Ladung der kephalometrischen Parameter auf den Faktoren

### 3.1.2 Clusteranalyse des Gesamtkollektivs

Eine Clusteranalyse des Patientenkollektivs auf der Basis der unter 3.1.1 ermittelten Faktorscores ergab eine 7-Clusterlösung (Tab. 5), durch die 251 der 259 Patienten (96,9 %) gruppiert werden konnten (Tab. 6). Die übrigen Patienten wurden wegen extremer Wertekonfigurationen von der Klassifikation ausgeschlossen.

	Cluster						
	1	2	3	4	5	6	7
Hauptkomponente 1	-,60	-,33	1,23	-,43	-,01	-,74	,94
Hauptkomponente 2	-,03	,55	-,41	-,47	,13	,02	-,18
Hauptkomponente 3	,37	,24	,31	-1,72	,40	-,01	,08
Hauptkomponente 4	-,02	2,54	-,17	-,25	,34	-,43	-,41
Hauptkomponente 5	,22	-1,74	-,84	-,49	,06	-,09	,56
Hauptkomponente 6	-,05	-,12	-,11	-,12	-,05	-,06	-,07
Hauptkomponente 7	,12	,00	-,29	-,39	-,91	,84	,24
Hauptkomponente 8	,80	-,03	-,02	-,08	-,66	-,55	,20
Hauptkomponente 9	,13	,08	-1,34	,31	,48	-,59	,30
Hauptkomponente 10	-,29	2,05	-,60	-,24	-,45	,00	,81

Tab. 5: Clusterlösung auf der Basis der Faktorscores 1-10

Cluster	n
1	53
2	10
3	21
4	23
5	48
6	44
7	52
gesamt klassifiziert	251
unklassifiziert	8
Gesamtkollektiv	259

Tab. 6: Fallzahlen der einzelnen Cluster

Die Clustermittelwerte und –standardabweichungen der einzelnen kephalometrischen Parameter sind in Tab. 7 dargestellt.

	Cluster							
	1		2		3		4	
	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.
SNA	82,02	3,39	75,52	4,63	75,81	4,33	80,58	4,31
SNB	77,27	3,40	74,86	2,60	71,58	4,78	83,23	5,13
ANB	4,76	2,03	,66	4,12	4,24	4,25	-2,66	3,33
ANBdiff	1,05	1,88	-,68	3,34	1,25	3,68	-5,34	3,29
SnPg	78,21	3,18	77,59	2,95	72,79	4,82	85,15	4,78
NSBa	135,03	5,22	134,31	6,32	129,83	4,15	128,62	4,80
NSAr	127,25	4,73	127,98	5,46	121,60	4,86	119,81	5,25
ML-NSL	30,25	4,22	32,06	8,08	40,85	4,80	27,79	5,03
NL-NSL	9,01	3,57	6,40	4,33	9,76	4,28	7,74	3,13
ML-NL	21,25	4,21	25,67	6,48	31,09	5,34	20,05	4,54
H-Winkel	12,74	4,91	3,42	8,28	10,91	7,00	-1,11	5,28
Nasolabialw.	117,41	10,08	103,62	15,92	117,90	23,64	92,61	21,10
Interinzisalw.	130,13	10,58	133,71	12,59	137,14	12,57	144,23	10,99
PgNB	,19	,60	5,32	2,11	,02	,07	,16	,73
PgNB Sum.	,81	,65	5,68	2,23	,98	,71	1,16	,93
Wits	,43	1,47	1,98	3,67	,56	2,51	-,34	1,54
Gonionw.	120,59	5,57	119,22	8,32	124,82	5,21	126,79	6,50
ob.Gonionw.	51,82	3,63	49,96	2,98	46,69	4,91	54,99	3,48
unt.Gonionw.	68,78	4,13	69,23	6,38	78,14	4,21	71,80	4,38
Gesamtge- sichtswinkel	390,24	4,22	392,08	8,05	400,82	4,79	387,79	5,03
SArGo	142,40	5,39	144,86	5,63	154,40	7,08	141,18	6,53
S-Go/N-Me	72,33	7,93	65,99	6,92	63,92	10,53	69,86	7,67
Sp'-Gn	56,23	8,68	67,96	10,08	57,94	7,17	53,18	8,03
N-Sp'	47,63	6,62	51,11	4,43	45,16	4,18	42,32	5,15
Index	82,09	11,47	76,28	10,22	76,66	9,46	76,75	13,93
Fazialachse	101,60	5,91	104,92	,88	86,49	10,08	102,88	1,83
Corpus	65,03	8,35	75,98	6,40	56,40	5,77	60,55	9,73
Ramus	51,95	7,86	57,78	6,83	45,75	6,32	51,22	10,15
NL	47,24	7,37	48,68	3,24	39,49	4,46	40,56	7,34
ML	71,30	9,10	84,78	7,10	62,08	6,71	68,41	9,95
NSe	62,77	7,16	70,13	4,79	58,56	5,79	58,63	7,90
OK-Länge	51,12	8,31	54,00	5,03	43,22	4,89	44,19	6,28
UK-Länge	71,30	9,10	84,78	7,10	62,08	6,71	68,41	9,95
1-NL °	110,67	7,57	108,69	8,49	103,70	8,10	113,45	5,59
1-ML °	98,06	6,11	91,96	11,13	88,08	7,98	82,27	6,61
1-NA °	20,05	7,22	26,74	7,97	18,12	8,65	25,13	7,98
1-NA mm	,63	1,77	4,87	2,30	,01	,01	,22	,96
1-NB °	25,58	5,93	18,88	6,53	21,65	7,17	13,97	6,31
1-NB mm	,69	1,94	2,33	1,81	,38	1,65	,06	,25

Tab. 7a: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fernröntgenparameter in Cluster 1-4

	Cluster							
	5		6		7		Total	
	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.
SNA	82,59	4,26	82,97	4,42	82,47	4,12	81,48	4,65
SNB	78,19	3,66	79,90	3,48	77,84	4,58	78,00	4,77
ANB	4,40	2,83	3,07	2,98	4,64	3,42	3,48	3,73
ANBdiff	,18	2,32	-,33	2,09	-,62	3,13	-,34	3,16
SnPg	79,42	3,43	81,54	3,33	78,02	4,44	79,13	4,77
NSBa	127,98	3,65	127,76	4,50	132,81	6,02	130,89	5,72
NSAr	120,33	4,53	119,94	4,77	124,70	6,16	122,99	5,92
ML-NSL	31,85	4,26	26,90	3,67	38,15	4,97	32,36	6,49
NL-NSL	5,42	2,98	3,92	3,48	7,29	4,22	6,92	4,09
ML-NL	26,43	4,36	23,06	4,69	30,86	3,94	25,45	6,02
H-Winkel	11,43	5,98	9,89	4,79	12,30	6,22	10,10	6,97
Nasolabialw.	117,01	11,20	112,59	13,93	116,96	12,13	113,62	15,97
Interinzisalw.	142,91	12,45	122,72	9,11	127,50	10,45	132,76	13,29
PgNB	,41	,82	,01	,02	,00	,01	,37	1,25
PgNB Sum.	1,11	1,02	,60	,38	,83	,53	1,08	1,26
Wits	,51	1,70	,01	,02	,00	,02	,29	1,55
Gonionw.	126,33	5,02	117,40	5,16	130,57	6,39	124,09	7,37
ob.Gonionw.	54,15	3,82	49,14	4,19	52,99	4,14	51,84	4,60
unt.Gonionw.	72,18	3,79	68,25	3,89	77,58	4,34	72,25	5,64
Gesamtge- sichtswinkel	391,87	4,28	386,91	3,68	398,15	4,98	392,36	6,49
SArGo	145,20	6,47	149,70	5,40	142,89	7,04	145,29	7,27
S-Go/N-Me	67,97	8,68	72,81	9,88	63,14	8,40	68,48	9,42
Sp'-Gn	59,56	8,60	56,71	8,41	59,50	11,47	57,97	9,49
N-Sp'	48,19	6,39	45,77	7,09	44,63	7,60	46,24	6,77
Index	80,76	8,70	75,34	13,42	64,87	12,46	75,91	13,05
Fazialachse	101,90	6,45	101,83	5,88	95,85	8,64	99,48	8,19
Corpus	66,61	8,77	66,25	10,51	61,42	11,06	64,08	10,04
Ramus	51,53	7,69	52,13	8,73	48,00	9,72	50,72	8,76
NL	47,23	5,68	44,62	7,26	44,31	7,24	44,97	7,13
ML	72,87	9,97	72,42	11,38	68,17	12,62	70,64	11,06
NSe	66,88	8,43	62,61	8,56	59,04	9,28	62,32	8,62
OK-Länge	51,74	6,44	49,39	7,03	48,09	8,83	49,12	7,84
UK-Länge	72,87	9,97	72,42	11,38	68,17	12,62	70,64	11,06
1-NL °	101,01	8,81	115,12	7,54	110,18	7,33	109,09	9,05
1-ML °	89,66	6,46	99,36	5,41	91,47	7,37	92,76	8,54
1-NA °	15,09	6,88	28,23	8,07	20,89	7,51	21,39	8,72
1-NA mm	1,02	2,11	,03	,03	,02	,02	,55	1,63
1-NB °	19,69	6,40	25,99	6,20	27,46	5,64	23,30	7,38
1-NB mm	1,32	2,34	,02	,02	,02	,02	,54	1,59

Tab. 7b: Mittelwerte und Standardabweichungen der Ferrnröntgenparameter in Cluster 5-7

Die Cluster unterschieden sich signifikant hinsichtlich sämtlicher Parameterverteilungen ( $p < 0,001$ ), nicht dagegen hinsichtlich des mittleren Lebensalters bei Anfertigung der Fernröntgenaufnahme ( $p = 0,89$ ).

Die Kategorisierung der Patienten nach Prognathiegrad, sagittaler Kieferrelation und vertikalen Verhältnissen führte zu folgenden Ergebnissen, wobei sich die Cluster jeweils signifikant ( $p \leq 0,001$ ) unterschieden:

Die Verteilung des Gesichtstyps nach dem Prognathiegrad von Oberkiefer und Unterkiefer zeigt Tab. 8. Von den Patienten in Cluster 1 wiesen jeweils 31 (58,5 %) orthognathe Verhältnisse im Oberkiefer bzw. Unterkiefer auf, davon bei 21 (39,6%) in Kombination. In Cluster 2 wiesen 8 Patienten (80%) und in Cluster 3 15 Patienten (71,4%) eine Retrognathie von Ober- und Unterkiefer auf. In Cluster 4 waren orthognathe Verhältnisse im Oberkiefer (65,2 %) ebenfalls vorherrschend; die am häufigsten vorkommende Kombination war eine relative Prognathie des Unterkiefers, die bei 9 Patienten (39,1 %) zu beobachten war. Auch in Cluster 5 war die Orthognathie des Oberkiefers am häufigsten (56,3 %), die bei jeweils 13 Patienten (27,1 %) mit einem retrognathen bzw. orthognathen Unterkiefer kombiniert war. Bei Cluster 6 waren die Häufigkeiten eines insgesamt retrognathen sowie insgesamt prognathen Gesichtstyps mit jeweils 6 Fällen (13,6 %) signifikant überrepräsentiert; eine ähnliche Verteilung ergab sich bei Cluster 7.

			Cluster							Total
			1	2	3	4	5	6	7	
Prognathie- grad	OK/UK retrognath	n	11	8	15	2	7	6	7	56
		%	20,8%	80,0%	71,4%	8,7%	14,6%	13,6%	13,5%	22,3%
	OK retro-/ UK orthognath	n	1	1	1	4	2	2	1	12
		%	1,9%	10,0%	4,8%	17,4%	4,2%	4,5%	1,9%	4,8%
	OK ortho-/ UK retrognath	n	10		2		13	3	15	43
		%	18,9%		9,5%		27,1%	6,8%	28,8%	17,1%
	OK/UK orthognath	n	21	1	3	6	13	16	15	75
		%	39,6%	10,0%	14,3%	26,1%	27,1%	36,4%	28,8%	29,9%
OK ortho-/ UK prognath	n				9	1	2	1	13	
	%				39,1%	2,1%	4,5%	1,9%	5,2%	
OK pro-/ UK orthognath	n	9				7	9	9	34	
	%	17,0%				14,6%	20,5%	17,3%	13,5%	
OK/UK prognath	n	1			2	5	6	4	18	
	%	1,9%			8,7%	10,4%	13,6%	7,7%	7,2%	
Total	n	53	10	21	23	48	44	52	251	
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Tab. 8: Verteilung des Prognathiegrades von Oberkiefer und Unterkiefer nach Clustern

Wie die Verteilung der sagittalen Kieferbeziehung (vgl. 2.2) in Tab. 9 zeigt, waren neutrale bzw. distale sagittale Relationen in Cluster 1 mit insgesamt 47 Fällen (97,9%) und in Cluster 5 mit 34 Fällen (81%) jeweils annähernd gleichstark vertreten. Distallagen stellten die häufigste Kategorie bei Cluster 2 (55,6%), 3 (50%) und 7 (40,9%) dar. Neutrale Relationen waren in Cluster 6 mit 55,3 % am häufigsten, Mesiallagen mit 95% in Cluster 4.

			Cluster							Total
			1	2	3	4	5	6	7	
Sagittale Relation	mesial	n	1	4	4	19	8	6	12	54
		%	2,1%	44,4%	22,2%	95,0%	19,0%	15,8%	27,3%	24,7%
	neutral	n	23		5	1	17	21	14	81
		%	47,9%		27,8%	5,0%	40,5%	55,3%	31,8%	37,0%
	distal	n	24	5	9		17	11	18	84
		%	50,0%	55,6%	50,0%		40,5%	28,9%	40,9%	38,4%
Total	n	48	9	18	20	42	38	44	219	
	%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Tab. 9: Verteilung der sagittalen Basenrelation nach Clustern

Hinsichtlich der vertikalen Relation der Kieferbasen (Tab. 10) waren normodivergente Verhältnisse in Cluster 1 (49,1%) und 6 (55,8%) am häufigsten. Hypodivergente Verhältnisse waren bei Cluster 4 (52,2%) etwas häufiger als normodivergente (47,8%). Bei Cluster 2 überwogen normo- bzw. hyperdivergente Verhältnisse (jeweils 40%). In den Clustern 3 (85,7%) und 7 (86,5%) lagen weit überwiegend, in Cluster 5 (54,2%) mehrheitlich hyperdivergente Verhältnisse vor

			Cluster							Total
			1	2	3	4	5	6	7	
Divergenz	hypo-	n	20	2	1	12	5	12		52
	divergent	%	37,7%	20,0%	4,8%	52,2%	10,4%	27,9%		20,8%
	normo-	n	26	4	2	11	17	24	7	91
	divergent	%	49,1%	40,0%	9,5%	47,8%	35,4%	55,8%	13,5%	36,4%
	hyper-	n	7	4	18		26	7	45	107
	divergent	%	13,2%	40,0%	85,7%		54,2%	16,3%	86,5%	42,8%
Total		n	53	10	21	23	48	43	52	250
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 10: Verteilung der vertikalen Basendivergenz nach Clustern

Nach dem Index der anterioren Gesichtshöhe (Tab. 11) lagen nur in Cluster 7 überwiegend offene Verhältnisse (75%), sonst meist neutrale Verhältnisse vor. In Cluster 1 war der skelettale Tiefbiss (26,4 %) gegenüber dem offenen Biss (9,4 %) signifikant überrepräsentiert; letzterer war mit 12,5% auch in Cluster 5 unterrepräsentiert.

			Cluster							Total
			1	2	3	4	5	6	7	
Index	tief	n	14	2	2	4	7	4	1	34
		%	26,4%	20,0%	9,5%	17,4%	14,6%	9,3%	1,9%	13,6%
	neutral	n	34	6	12	12	35	26	12	137
		%	64,2%	60,0%	57,1%	52,2%	72,9%	60,5%	23,1%	54,8%
	offen	n	5	2	7	7	6	13	39	79
		%	9,4%	20,0%	33,3%	30,4%	12,5%	30,2%	75,0%	31,6%
Total		n	53	10	21	23	48	43	52	250
		%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 11: Verteilung der anterioren Gesichtshöhenrelation nach Clustern

Der Beitrag der einzelnen Fernröntgenparameter zur Unterscheidung der Cluster wurde anhand des Determinationskoeffizienten  $\eta^2$  und der schrittweisen Diskriminanzanalyse ermittelt.

In der Reihenfolge der Größe des  $\eta^2$ -Koeffizienten leisteten die größten Beiträge PgNB (0,72), PgNB Summe (0,58) ML-NSL (0,50), ML-NL (0,45), Gesamtgesichtswinkel (0,50) sowie der untere Gonionwinkel (0,46).

Bei der schrittweisen Diskriminanzanalyse ergab eine Linearkombination von 13 Variablen den Prädiktorensatz mit der höchsten Effizienz, d.h. dem bestmöglichen Vorhersageergebnis bei zugleich größtmöglicher Sparsamkeit der verwendeten Variablen. Geordnet nach der Höhe von Wilks  $\lambda$  umfasst er die Parameter PgNB, ML-NSL, 1-ML (°), SARGo, 1-NA (°), Index, SNA, 1-NB (mm), Gonionwinkel, ML-NL, Fazialachse, NSe sowie den H-Winkel.

Damit ließ sich eine korrekte Zuordnung von 88 % erreichen (Tab. 12).

		Tatsächliche Clusterzugehörigkeit						
		1	2	3	4	5	6	7
%								
Vorhergesagte	1	83,0	,0	,0	,0	8,3	4,5	5,8
Clusterzugehörigkeit	2	,0	90,0	,0	,0	2,1	,0	,0
	3	,0	,0	100,0	,0	,0	2,3	1,9
	4	1,9	,0	,0	95,7	2,1	2,3	,0
	5	7,5	10,0	,0	,0	81,3	2,3	,0
	6	5,7	,0	,0	4,3	2,1	88,6	1,9
	7	1,9	,0	,0	,0	4,2	,0	90,4
Total		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tab. 12: Klassifikationsergebnis der Diskriminanzanalyse

### 3.1.3 Clusteranalysen nach sagittaler Kieferrelation

Beim zweiten Analyseansatz wurde zunächst eine A-priori-Einstufung in neutrale, distale und mesiale Kieferrelationen vorgenommen (vgl. 2.2). Innerhalb der drei Gruppen wurden zur weiteren Differenzierung Clusteranalysen mit Bildung von jeweils drei Clustern durchgeführt (Tab. 13).

	Subcluster n (% vom Hauptcluster)			Hauptcluster n (% von total)
	1	2	3	
neutral	43 (51,2)	38 (45,2)	3 ( 3,6)	84 (37,2)
distal	55 (65,5)	27 (32,1)	2 ( 2,4)	84 (37,2)
mesial	16 (27,6)	5 ( 8,6)	37 (63,8)	58 (25,6)
total				226 (100,0)

Tab. 13: Verteilung der Cluster nach sagittaler Kieferrelation

#### 3.1.3.1 Neutrale Gruppe

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der kephalometrischen Parameter in den Clustern der neutralen Gruppe sind in Tab. 14 dargestellt. Signifikante Unterschiede ( $p < 0,01$ ) ergaben sich bei ML-NSL, ML-NL, Gonionwinkel, Gesamtgesichtswinkel, NSAr, den angulären Parametern der Inzisiveninklination (1-NL, 1-ML, 1-NA, 1-NB, Interinzisalwinkel) sowie den dimensional Messungen N-Sp', N-Se, NL, ML, Corpus, Ramus, Oberkiefer- und Unterkieferlänge).

	Cluster							
	1		2		3		Total	
	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.
SNA	81,85	3,84	82,03	4,55	82,33	3,00	81,95	4,11
SNB	78,57	2,42	77,83	3,30	77,69	3,19	78,20	2,87
ANB	3,28	2,32	4,19	1,74	4,60	1,01	3,74	2,03
ANBdiff	,02	,61	-,21	,60	,18	,17	-,08	,60
SnPg	79,80	2,56	78,81	3,17	78,05	3,66	79,29	2,90
NSBa	131,42	5,04	129,94	4,49	134,93	5,40	130,87	4,87
NSAr	124,45	4,76	121,55	4,39	126,26	2,22	123,20	4,75
ML-NSL	28,91	4,56	34,28	5,39	33,66	8,41	31,54	5,69
NL-NSL	7,03	4,07	6,18	4,04	8,45	4,31	6,69	4,05
ML-NL	21,88	4,02	28,10	5,32	25,21	4,16	24,85	5,54
H-Winkel	9,90	4,26	10,25	4,90	10,02	9,16	10,06	4,63
Nasolabialw.	113,34	13,42	117,19	13,44	103,18	22,67	114,72	13,83
Interinzisalw.	125,24	9,96	140,35	11,71	138,79	17,76	132,56	13,27
PgNB	,15	,55	,09	,38	,01	,02	,11	,46
PgNB Sum.	,82	,69	,73	,58	,38	,11	,76	,63
Wits	,23	1,11	,13	,84	,03	,05	,18	,97
Gonionw.	118,92	5,52	126,59	6,26	123,67	6,03	122,60	6,94
ob.Gonionw.	50,25	4,10	52,20	4,23	51,44	7,38	51,19	4,33
unt.Gonionw.	68,67	4,71	74,39	4,54	72,22	3,13	71,42	5,35
Gesamtge- sichtswinkel	388,92	4,56	394,28	5,37	393,67	8,44	391,54	5,63
SArGo	145,57	5,87	146,13	5,57	143,75	7,06	145,76	5,72
S-Go/N-Me	71,70	10,10	67,04	9,67	63,08	9,44	69,25	10,10
Sp'-Gn	58,07	11,30	57,89	7,92	68,17	32,71	58,35	11,04
N-Sp'	47,44	8,11	45,65	5,47	89,00	2,83	47,63	9,55
Index	76,90	13,50	76,99	11,01	81,21	1,05	77,10	12,10
Fazialachse	101,58	6,17	98,87	8,31	99,56	10,03	100,27	7,33
Corpus	65,89	9,98	62,41	7,16	116,00	1,41	65,50	11,89
Ramus	53,16	9,77	49,46	7,13	103,00	8,49	52,66	11,83
NL	46,37	9,41	44,59	5,14	82,50	3,54	46,43	9,52
ML	72,53	10,64	68,69	8,54	127,50	4,95	72,09	13,13
NSe	62,59	9,14	61,94	7,83	113,00	7,07	63,50	11,51
OK-Länge	51,04	9,82	48,95	6,10	86,00	5,66	50,92	9,92
UK-Länge	72,53	10,64	68,69	8,54	127,50	4,95	72,09	13,13
1-NL °	113,55	6,42	102,84	7,92	102,63	9,87	108,32	8,96
1-ML °	99,57	4,79	88,72	5,88	93,37	4,57	94,38	7,50
1-NA °	24,67	8,83	15,74	7,34	11,85	7,39	20,28	9,33
1-NA mm	,49	1,59	,20	,70	,02	,04	,35	1,26
1-NB °	26,81	5,60	20,82	6,90	24,73	10,08	24,03	6,95
1-NB mm	,63	1,98	,42	1,41	,09	,07	,52	1,70

Tab. 14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fernröntgenparameter in den Clustern der neutralen Gruppe

Im Hinblick auf den Prognathiegrad von Oberkiefer und Unterkiefer war in allen drei Clustern die Häufigkeit einer maxillären Orthognathie mit 52,6 % (Cluster Neutral–2) bis 66,7 % (Cluster Neutral–3) etwa doppelt so groß wie jene eines retrognathen Typus mit 23,3 % (Cluster Neutral–1) bis 33,3 % (Cluster Neutral–3).

In allen Clustern überwog der orthognathe Unterkiefer mit 52,6 % (Cluster Neutral–2) bis 76,7 % (Cluster Neutral–1). Ein retrognather Unterkiefer war am häufigsten in Cluster Neutral–2 mit 42,1% zu beobachten. Mandibuläre Prognathie kam nur bei zwei Fällen des Clusters Neutral–2 vor.

Bei den drei Fällen in Cluster Neutral–3 kam keine Prognathie vor.

Hinsichtlich der vertikalen Verhältnisse lagen in Cluster Neutral–1 überwiegend normodivergente Verhältnisse vor (54,8%). Hypodivergenz war am häufigsten in den Clustern Neutral–1 (35,7 %) und Neutral–3 (33,3%) zu beobachten, Hyperdivergenz in Cluster Neutral–2 (71,1%) sowie bei zwei der drei Fälle von Cluster Neutral–3 (66,7%). Die Unterschiede waren signifikant ( $p < 0,001$ ).

Nach dem Index der anterioren Gesichtshöhe lagen bei Cluster Neutral–1 (59,5 %) und –2 (63,2 %) sowie bei den drei Fällen von Cluster Neutral–3 überwiegend neutrale Verhältnisse vor. Ein tiefes Vordergesicht lag in Cluster Neutral–3 bei 14,3 % vor, ein offenes bei jeweils 11 Patienten in Cluster Neutral–1 (26,2 %) und –2 (28,9 %).

Die schrittweise Diskriminanzanalyse ergab einen optimalen Prädiktorensatz aus N-Sp', 1-ML (°), 1-NL (°), Gonionwinkel, Index und 1-NB (mm), mit dessen Hilfe sich 94 % der Patienten korrekt reklassifizieren ließen.

### 3.1.3.2 *Distale Gruppe*

Die kephalometrischen Kennwerte in den Clustern der distalen Gruppe sind in Tab. 15 dargestellt. Signifikante Intercluster-Unterschiede ( $p < 0,01$ ) bestanden beim SNB- und ANB-Winkel, SnPg, PgNB, ML-NSL und ML-NL, H-Winkel, Gonion-, Gelenk- und Gesamtgesichtswinkel, Fazialachse, Index, Sp'-Gn und Ramus sowie 1-NA ( $^{\circ}$  und mm).

Hinsichtlich des Gesichtstypus lagen im Oberkiefer überwiegend orthognathe Verhältnisse (50-52,7%) vor, gefolgt von einer retrognathen (29,1 - 50%) bzw. prognathen Lage (18,2 % bzw. 14,8 %). Im Unterkiefer herrschte eine retrognathe Lage (50-77,8 %) vor, eine mandibuläre Prognathie kam nicht vor. Eine mandibuläre Retrognathie bei orthognathem Oberkiefer kam in 39,3%, ein prognathes Oberkiefer bei orthognathem Unterkiefer in 16,7% der Fälle vor.

Im Gegensatz zum Gesichtstypus unterschieden sich die Cluster signifikant ( $p < 0,001$ ) hinsichtlich der vertikalen Relationen. In Cluster Distal-1 überwogen Normodivergenz (50,9%) und eine neutrale vordere Gesichtsaufteilung (58,2 %), gefolgt von hypodivergenten (18,2%) bzw. „tiefen“ (29,1 %) und hyperdivergenten (30,9%) bzw. „offenen“ (12,7 %) Verhältnissen. Dagegen waren in Cluster Distal-2 Hyperdivergenz (70,4%) bzw. offene Verhältnisse (51,9 %) am häufigsten, gefolgt von Normodivergenz (22,2%) und neutraler Gesichtshöhenverteilung (40,7%). Die beiden Fälle in Cluster Distal-3 wiesen hypodivergente Verhältnisse bei neutralen Indexwerten auf.

	Cluster							
	1		2		3		Total	
	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.
SNA	81,64	4,47	80,39	4,21	79,80	3,82	81,19	4,37
SNB	75,23	3,12	72,84	4,51	77,25	1,91	74,51	3,76
ANB	6,42	2,30	7,56	1,98	2,55	1,91	6,69	2,33
ANBdiff	2,55	1,22	3,20	2,20	1,65	,49	2,73	1,61
SnPg	76,55	3,18	73,65	4,45	81,20	,00	75,73	3,92
NSBa	133,31	5,76	132,95	6,39	128,85	6,01	133,09	5,94
NSAr	126,36	5,49	123,35	5,95	122,75	3,04	125,30	5,74
ML-NSL	32,13	5,48	37,94	5,97	19,55	,78	33,70	6,56
NL-NSL	7,89	3,99	8,61	3,56	1,85	2,19	7,98	3,93
ML-NL	24,24	4,59	29,32	6,61	17,70	2,97	25,72	5,89
H-Winkel	14,82	6,16	14,81	5,19	1,65	9,40	14,51	6,18
Nasolabialw.	119,32	10,73	120,03	13,11	111,00	6,36	119,35	11,45
Interinzisalw.	130,98	15,16	129,55	9,75	126,85	8,84	130,42	13,43
PgNB	,43	1,08	,05	,15	6,95	2,47	,48	1,41
PgNB Sum.	1,17	1,17	,84	,55	7,65	3,32	1,22	1,47
Wits	,94	2,06	,49	2,21	4,30	1,56	,88	2,16
Gonionw.	123,17	6,51	122,16	7,02	109,85	4,31	122,53	6,88
ob.Gonionw.	52,93	3,39	47,11	4,52	48,55	3,89	50,96	4,65
unt.Gonionw.	70,23	4,87	75,05	4,88	61,25	,49	71,57	5,53
Gesamtge- sichtswinkel	392,12	5,48	397,94	5,97	379,60	,71	393,69	6,56
SArGo	142,60	5,29	152,42	6,91	146,95	6,58	145,86	7,40
S-Go/N-Me	67,92	9,93	66,90	7,70	77,75	1,20	67,83	9,24
Sp'-Gn	54,96	6,32	59,49	10,51	64,00	8,91	56,65	8,23
N-Sp'	46,40	5,35	46,82	7,50	48,05	8,56	46,57	6,11
Index	81,47	12,58	71,83	13,32	74,90	2,97	78,22	13,38
Fazialachse	100,56	7,60	87,56	7,51	103,78	,78	96,46	9,67
Corpus	62,25	8,48	61,13	11,33	73,35	12,80	62,15	9,62
Ramus	48,63	5,71	48,38	10,18	66,40	6,79	48,98	7,88
NL	45,79	5,42	44,52	7,20	49,70	3,82	45,47	6,03
ML	68,05	9,00	66,87	12,63	82,25	12,37	68,01	10,50
NSe	62,16	7,02	61,62	8,16	72,70	10,18	62,24	7,55
OK-Länge	49,41	6,04	48,37	7,71	56,15	3,89	49,23	6,64
UK-Länge	68,05	9,00	66,87	12,63	82,25	12,37	68,01	10,50
1-NL °	107,74	10,70	105,09	7,73	112,65	8,41	107,00	9,81
1-ML °	97,09	7,69	96,04	6,17	102,85	2,47	96,89	7,18
1-NA °	20,40	8,01	16,08	7,73	30,95	14,35	19,19	8,41
1-NA mm	,81	1,83	,01	,02	6,10	2,40	,71	1,81
1-NB °	24,94	6,47	26,82	6,49	19,70	3,68	25,43	6,50
1-NB mm	,95	2,00	,56	1,92	1,75	,92	,84	1,95

Tab. 15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fernröntgenparameter in den Clustern der distalen Gruppe

Mit Hilfe der schrittweisen Diskriminanzanalyse ließ sich durch eine Kombination der Parameter PgNB, oberer Gonionwinkel, 1-NA (mm), ML-NSL sowie Index bei 90,5 % der Patienten die Clusterzugehörigkeit korrekt reproduzieren.

### 3.1.3.3 *Mesiale Gruppe*

Die kephalometrischen Verteilungsparameter der mesialen Subcluster sind in Tab. 16 dargestellt. Signifikante Intercluster-Unterschiede ( $p < 0,01$ ) bestanden bei SnPg, PgNB, ML-NSL, Gonion-, Gelenk-, Schädelbasis- und Gesamtgesichtswinkel, 1-NL, 1-NA (mm), 1-NB (mm) sowie den dimensional Maßen. Cluster Mesial-2 zeigte auch signifikante Abweichungen der sagittalen Basenrelation.

Der Gesichtstyp war in Cluster Mesial-1 am häufigsten insgesamt retrognath bzw. orthognath (jeweils 37,5 %). In Cluster Mesial-2 war eine relative mandibuläre Prognathie bei orthognathem Oberkiefer mit 60% vorherrschend. In Cluster Mesial-3 war ein insgesamt prognather Gesichtstyp fast ebenso häufig (27%) wie ein orthognather Gesichtstyp (OK/UK) mit (29,7%). Eine mandibuläre Prognathie lag hier insgesamt bei 48,6 % vor, bei 21,6 % in Kombination mit einer orthognathen Maxilla. Ebenso häufig (21,6%) kam eine retrognathe Lage des Oberkiefers bei retro- oder orthognathem Unterkiefer vor. Diese Unterschiede sind signifikant ( $p < 0,001$ ).

	Cluster							
	1		2		3		Total	
	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.
SNA	77,67	4,97	81,66	1,74	82,26	4,73	80,94	5,00
SNB	78,67	3,48	85,52	5,77	82,31	5,03	81,58	5,06
ANB	-1,01	3,53	-3,86	5,21	-,06	2,98	-,65	3,46
ANBdiff	-3,82	2,21	-8,04	5,25	-3,79	2,62	-4,16	3,00
SnPg	80,09	3,76	86,22	6,01	83,61	5,17	82,87	5,16
NSBa	132,44	4,21	129,98	7,12	126,94	4,50	128,72	5,20
NSAr	124,36	4,89	119,52	8,30	118,21	4,88	120,02	5,80
ML-NSL	35,43	7,20	33,96	5,35	29,83	6,86	31,73	7,22
NL-NSL	7,33	5,16	7,08	3,73	5,95	4,03	6,43	4,32
ML-NL	28,11	5,26	26,88	8,98	23,88	6,14	25,30	6,37
H-Winkel	2,30	6,83	6,06	4,00	4,63	7,19	4,11	6,89
Nasolabialw.	98,69	21,13	93,86	16,21	107,48	22,42	103,88	21,87
Interinzisalw.	136,11	15,31	124,22	6,51	138,27	11,92	136,46	13,03
PgNB	1,80	2,57	1,48	1,19	,03	,13	,63	1,56
PgNB Sum.	2,74	2,01	1,66	1,22	,77	,61	1,39	1,47
Wits	-,76	2,11	-12,62	9,19	-,06	,29	-1,34	4,41
Gonionw.	131,24	9,45	135,36	10,41	124,79	6,27	127,48	8,37
ob.Gonionw.	55,55	5,02	57,56	4,39	52,36	4,31	53,69	4,81
unt.Gonionw.	75,68	6,55	77,82	7,56	72,43	5,61	73,79	6,23
Gesamtge- sichtswinkel	395,46	7,21	394,00	5,38	389,82	6,88	391,74	7,23
SArGo	139,84	7,76	139,12	8,18	146,82	7,51	144,23	8,26
S-Go/N-Me	66,01	6,98	63,56	2,98	70,07	10,29	68,39	9,26
Sp'-Gn	60,97	10,77	71,48	8,57	56,90	7,98	59,28	9,67
N-Sp'	45,07	7,05	56,78	1,72	44,49	6,29	45,71	7,08
Index	70,30	10,32	80,20	8,02	74,53	13,66	73,85	12,56
Fazialachse	103,28	4,23	102,73	2,05	100,53	7,42	101,48	6,43
Corpus	64,88	12,41	83,06	5,42	64,78	10,75	66,39	11,93
Ramus	51,11	10,62	61,68	4,55	51,43	7,34	52,22	8,59
NL	42,80	7,27	52,66	3,33	42,98	6,84	43,77	7,20
ML	72,66	13,15	91,70	6,12	72,24	11,14	74,03	12,51
NSe	61,69	8,69	76,32	1,85	61,20	8,04	62,64	8,89
OK-Länge	45,75	7,84	57,58	2,10	47,13	6,34	47,65	7,19
UK-Länge	72,66	13,15	91,70	6,12	72,24	11,14	74,03	12,51
1-NL °	110,46	9,75	121,44	5,35	112,21	7,62	112,52	8,48
1-ML °	85,33	5,77	87,46	6,98	85,64	7,50	85,71	6,93
1-NA °	25,45	9,42	32,70	3,83	24,01	7,63	25,16	8,19
1-NA mm	1,31	2,32	9,24	5,30	,23	1,23	1,34	3,32
1-NB °	19,43	8,95	26,96	4,56	18,32	7,57	19,39	8,04
1-NB mm	,45	,78	6,24	2,03	,10	,51	,76	1,94

Tab. 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fernröntgenparameter in den Clustern der mesialen Gruppe

Die vertikalen Verhältnisse unterschieden sich nicht signifikant. Während in Cluster Mesial–1 eine normodivergente, neutrale Situation und hyperdivergente, „offene“ Verhältnissen zu jeweils 50% vorlagen, waren in Cluster Mesial–3 hypodivergente und hyperdivergente Verhältnisse mit jeweils 29,7% vertreten.

Als Ergebnis der schrittweisen Diskriminanzanalyse wurde ein Parametersatz aus 1-NB (mm), PgNB Summe, Gonionwinkel, 1-NA (mm), NSBa und 1-ML identifiziert, mit dem sich eine korrekte Klassifikation von 94,8 % der Patienten erzielen ließ.

### **3.2 Klassifikation nach Harmonischen Relationen**

Beim dritten Analyseansatz wurde anhand der Harmonievariablen zunächst eine Grobklassifikation in fünf Hauptcluster durchgeführt. In einem zweiten Analyseschritt wurden die resultierenden Gruppen clusteranalytisch nochmals differenziert. Die Verteilung der Patientenzahlen zeigt Tab. 17.

	Subcluster n (% vom Hauptcluster)			Hauptcluster n (% von total)
	1	2	3	
I	18 (36,0)	7 (14,0)	25 (50,0)	50 (19,3)
II	32 (68,1)	15 (31,9)	–	47 (18,1)
III	12 (63,2)	7 (36,8)	–	19 ( 7,3)
IV	38 (57,6)	28 (42,4)	–	66 (25,6)
V	28 (36,4)	49 (63,6)	–	77 (29,7)
Total				259 (100,0)

Tab. 17: Verteilung der Cluster nach harmonischen Relationen

### 3.2.1 Verteilung der Harmonievariablen

#### 3.2.1.0 Übersicht

Die Hauptcluster unterschieden sich signifikant hinsichtlich sämtlicher Harmonievariablen ( $p < 0,001$ ). Eine Übersicht der Verteilung der Harmonievariablen in den Hauptclustern zeigen die Abb. 2-6 in Form von Boxplots sowie die nachfolgenden Tab. 19-23.

Die Gesamtdisharmonie war signifikant unterschiedlich. Sie nahm im Mittel von Cluster III ( $z=0,98$ ) über Cluster V, II und I ab und war in Cluster IV ( $z=-0,59$ ) am geringsten ausgeprägt.

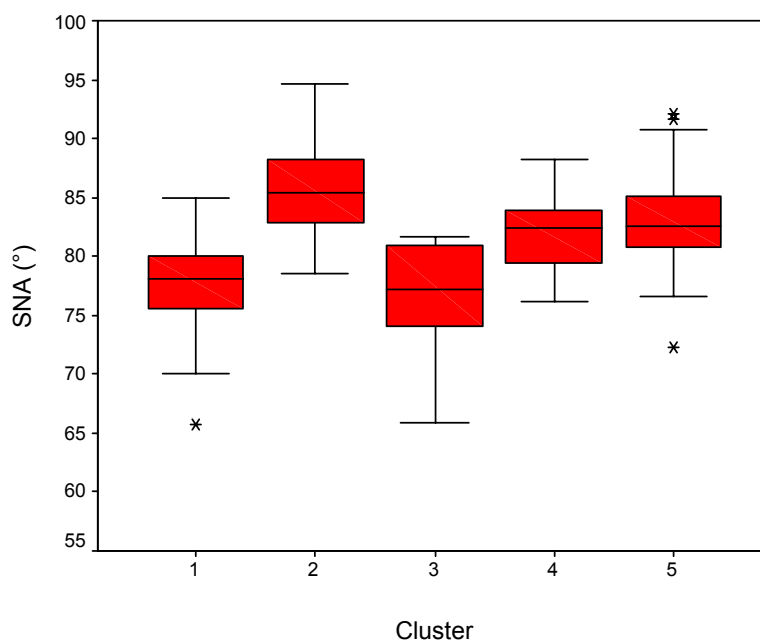


Abb. 2: Boxplot SNA-Winkel nach Harmoniecluster

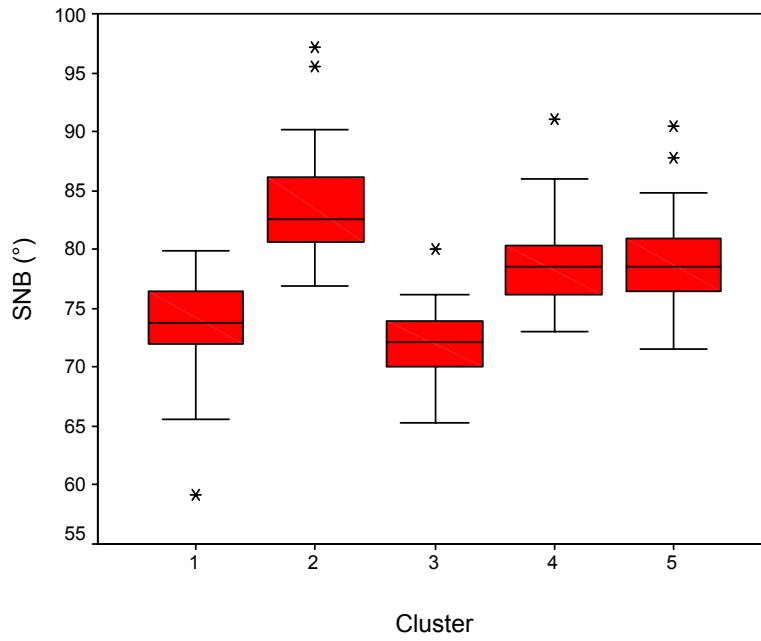


Abb. 3: Boxplot SNB-Winkel nach Harmoniecluster

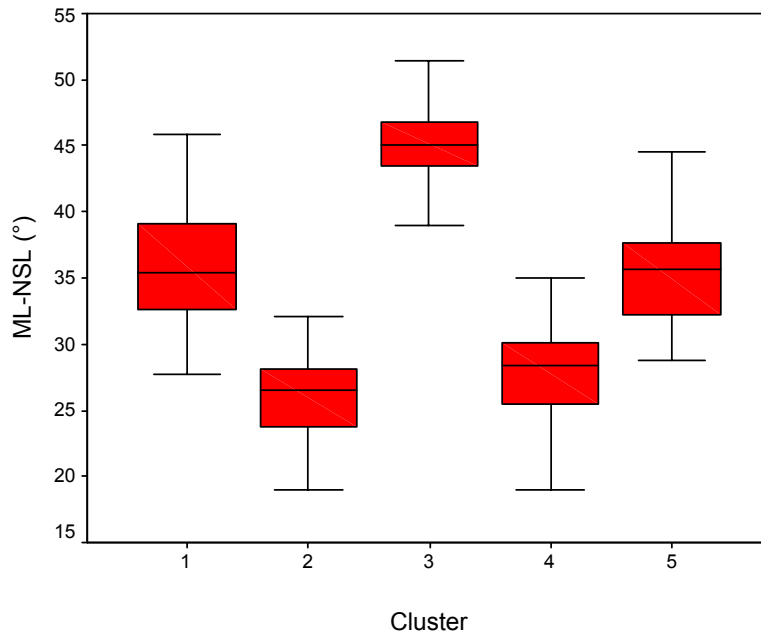


Abb. 4: Boxplot ML-NSL-Winkel nach Harmoniecluster

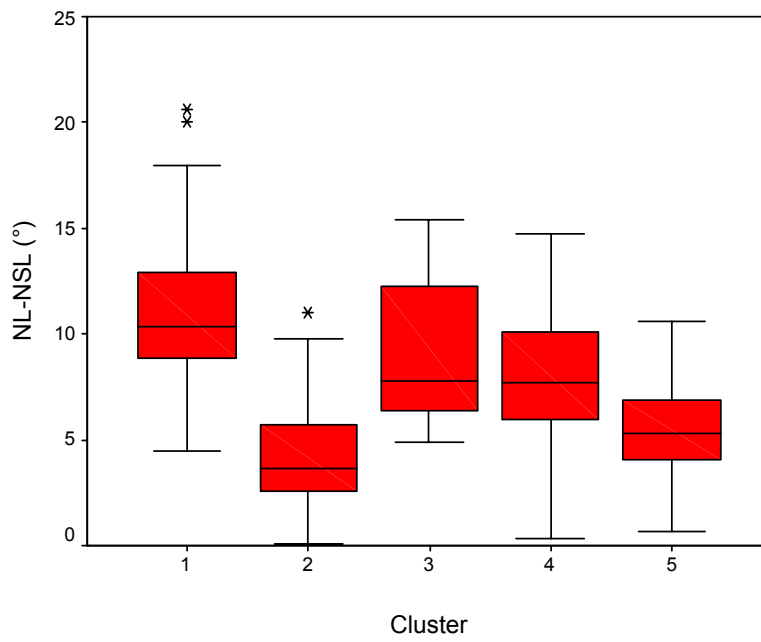


Abb. 5: Boxplot NL-NSL-Winkel nach Harmoniecluster

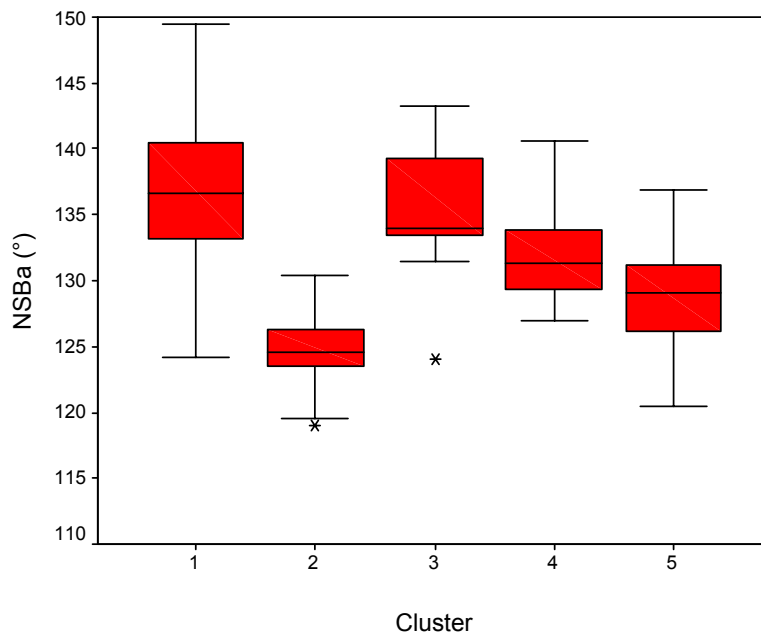


Abb. 6: Boxplot NSBa-Winkel nach Harmoniecluster

Die Ergebnisse der übrigen kephalometrischen Parameter sind in Tab. 18 wiedergegeben.

	Cluster					
	I		II		III	
	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.
SNA	77,46	3,96	85,48	3,66	76,61	4,66
SNB	73,74	3,39	83,58	4,20	72,19	3,60
ANB	3,71	4,08	1,90	4,35	4,44	4,93
ANBdiff	,93	3,39	-2,47	3,85	,87	3,08
SnPg	74,99	3,25	84,89	3,91	72,27	3,45
NSBa	137,21	5,08	124,60	2,60	135,53	4,71
NSAr	128,57	4,79	117,46	4,03	126,26	6,10
ML-NSL	35,77	3,77	25,91	3,47	45,28	3,28
NL-NSL	11,14	3,54	3,55	2,94	9,20	3,49
ML-NL	24,64	3,97	22,37	4,09	35,95	3,27
H-Winkel	10,40	6,98	7,97	7,27	12,53	8,68
Nasolabialw.	112,83	17,39	108,03	15,42	124,52	22,45
PgNB	,60	1,54	,42	1,14	,54	1,92
PgNB Sum.	1,55	1,41	1,04	1,15	1,16	1,62
Wits	,59	1,88	-,31	2,42	,56	2,66
Gonionw.	124,67	6,81	122,00	7,00	131,78	7,01
ob.Gonionw.	52,01	4,64	52,16	4,28	49,99	6,03
unt.Gonionw.	72,65	4,61	69,84	4,16	81,79	3,85
Gesamtge- sichtswinkel	395,75	3,78	385,92	3,45	405,26	3,30
SArGo	142,52	6,93	146,46	6,57	147,18	10,08
S-Go/N-Me	65,13	8,45	74,47	10,08	61,36	8,36
Sp'-Gn	56,35	9,75	58,09	7,35	61,91	10,48
N-Sp'	48,09	9,32	46,01	5,70	46,80	5,62
Index	78,21	14,03	76,91	11,88	72,35	13,19
Fazialachse	98,67	9,02	102,27	4,62	88,59	10,16
Corpus	63,38	13,03	67,32	10,46	58,76	9,79
Ramus	50,28	10,97	54,32	8,22	46,84	6,88
ML	70,01	14,61	74,85	10,47	65,45	11,61
NL	44,74	8,13	45,47	7,52	42,91	5,53
NSe	62,97	10,47	64,11	8,80	59,87	7,28
OK-Länge	48,53	9,40	50,26	6,20	46,65	6,36
UK-Länge	70,01	14,61	74,85	10,47	65,45	11,61
1-ML °	92,71	8,62	93,87	9,22	88,34	7,79
1-NL °	108,82	8,37	112,61	9,03	105,78	9,82
1-NA °	20,66	8,52	23,58	9,36	19,96	10,60
1-NA mm	,63	1,65	,51	1,41	,37	1,45
1-NB °	22,72	7,83	23,37	8,15	25,01	7,99
1-NB mm	,65	1,54	,40	1,22	,44	1,69

Tab. 18a: Mittelwerte und Standardabweichungen der Fernröntgenparameter in den Harmonieclustern I-III

	Cluster					
	IV		V		Total	
	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.	Mittelw.	Std.Abw.
SNA	81,60	2,96	82,82	3,50	81,50	4,59
SNB	78,60	3,12	78,81	3,28	78,16	4,88
ANB	3,01	2,88	4,01	3,70	3,35	3,87
ANBdiff	-,08	2,53	-,86	3,08	-,49	3,35
SnPg	80,29	2,94	79,39	3,14	79,27	4,87
NSBa	131,94	3,33	128,70	3,77	130,93	5,73
NSAr	124,41	4,07	120,71	4,82	122,99	5,94
ML-NSL	27,68	3,59	35,12	3,37	32,37	6,46
NL-NSL	7,80	2,99	4,98	2,85	6,94	4,08
ML-NL	19,88	3,27	30,14	2,98	25,44	6,01
H-Winkel	8,40	6,98	11,80	5,61	10,02	6,95
Nasolabialw.	110,93	15,32	115,57	13,37	113,15	16,25
PgNB	,38	1,43	,20	,59	,39	1,24
PgNB Sum.	,97	1,48	,87	,76	1,08	1,25
Wits	,23	1,50	-,38	3,61	,04	2,60
Gonionw.	119,62	6,08	127,65	6,55	124,28	7,54
ob.Gonionw.	51,92	4,17	52,25	5,00	51,95	4,68
unt.Gonionw.	67,70	3,74	75,39	4,07	72,33	5,68
Gesamtge- sichtswinkel	387,67	3,60	395,14	3,37	392,38	6,46
SArGo	143,65	5,91	146,78	7,69	145,12	7,30
S-Go/N-Me	71,27	6,17	65,80	9,16	68,34	9,34
Sp'-Gn	56,57	11,93	60,31	9,47	58,30	10,05
N-Sp'	47,25	9,36	45,76	6,70	46,72	7,79
Index	79,06	13,86	72,31	10,90	76,02	12,91
Fazialachse	102,86	3,90	98,15	8,75	99,54	8,12
Corpus	66,26	11,41	63,92	10,99	64,67	11,48
Ramus	53,51	12,01	49,32	7,91	51,32	9,94
ML	72,53	12,62	70,21	12,27	71,28	12,64
NL	47,07	9,56	44,96	6,57	45,39	7,86
NSe	63,56	10,98	61,90	10,33	62,78	10,07
OK-Länge	50,97	10,26	49,29	7,71	49,55	8,48
UK-Länge	72,53	12,62	70,21	12,27	71,28	12,64
1-ML °	95,30	8,99	90,69	6,79	92,68	8,49
1-NL °	110,42	9,64	107,39	8,59	109,26	9,17
1-NA °	21,64	9,31	21,03	7,69	21,51	8,83
1-NA mm	,82	2,23	,85	2,71	,70	2,10
1-NB °	21,92	7,59	24,62	5,97	23,37	7,36
1-NB mm	,64	1,94	,79	2,01	,63	1,76

Tab. 18b: Mittelwerte und –Standardabweichungen der Fernröntgenparameter in den Harmonieclustern IV-V

Signifikante Clusterunterschiede ( $p < 0,05$ ) ergaben sich bei sämtlichen Fernröntgenparametern mit Ausnahme von PgNB, dem oberen Gonionwinkel, Sp'-Gn und N-Sp', NSe, Ober- und Unterkieferlänge sowie 1-NA und 1-NB.

### 3.2.1.1 Harmoniecluster I

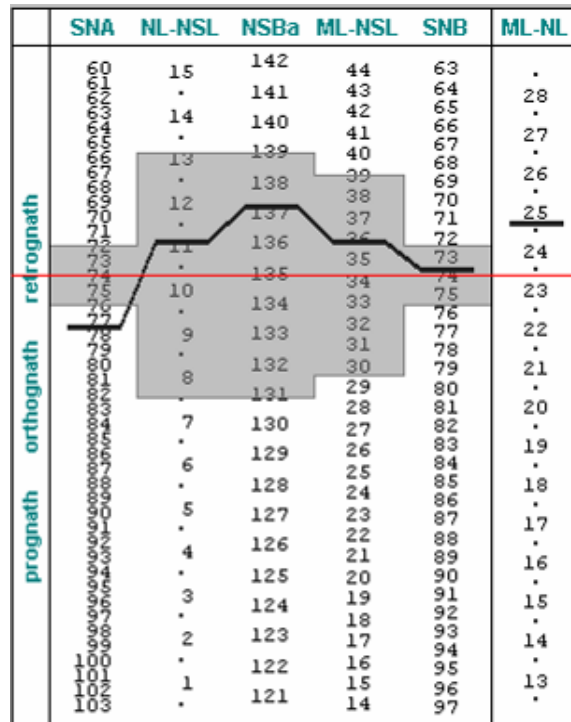
Die weitere Aufgliederung des Harmonieclusters I ergab drei Subgruppen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Harmonievariablen sind Tab. 19 sowie Abb. 7 zu entnehmen.

		SNA	SNB	NSBa	ML-NSL	NL-NSL	ML-NL	Disharm.- Index
I-1	Mittelw.	78,78	73,76	142,49	34,83	12,22	22,61	,60
	Std.Abw.	2,87	2,19	3,30	3,89	2,90	4,65	,85
I-2	Mittelw.	72,46	69,43	131,75	40,63	15,28	25,35	,81
	Std.Abw.	3,86	5,21	4,58	2,62	4,35	3,69	1,38
I-3	Mittelw.	77,91	74,93	134,93	35,08	9,20	25,89	-,91
	Std.Abw.	3,70	2,52	2,19	2,92	2,25	2,94	,72
Total	Mittelw.	77,46	73,74	137,21	35,77	11,14	24,64	-,12
	Std.Abw.	3,96	3,39	5,08	3,77	3,54	3,97	1,17

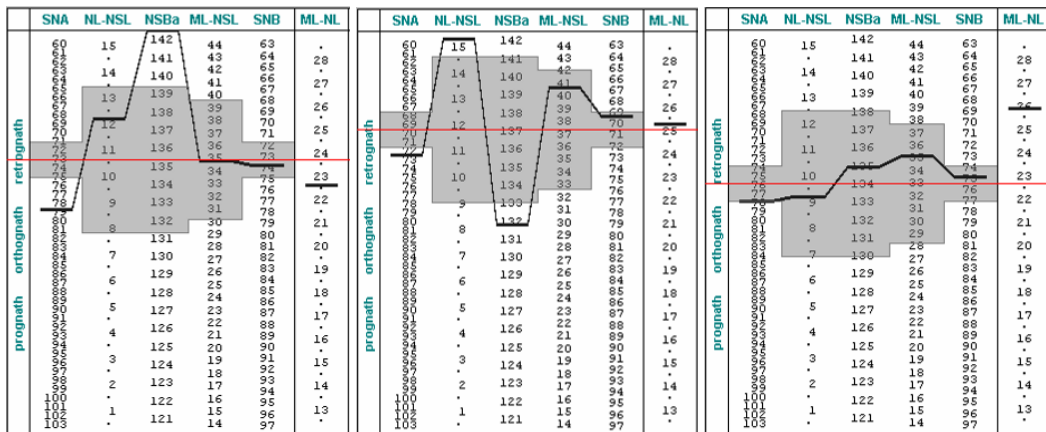
Tab. 19: Mittelwerte und –standardabweichungen der Harmonievariablen (mit Disharmonie-Index) nach Clustern

Die Verteilungen der Harmonievariablen waren signifikant unterschiedlich ( $p \leq 0,021$ ). Der durchschnittliche Prognathiegrad war bei Subcluster I-2 deutlich geringer und die Unterkieferinklination stärker posterior ausgeprägt als bei den beiden anderen Subclustern. Der Schädelbasiswinkel war in Subcluster I-1 stumpfer als in den übrigen Subclustern. Auch die Ausprägung der Gesamtharmonie war signi-

fikant unterschiedlich ( $p < 0,001$ ). Sie war in Cluster I-3 deutlich größer als in den beiden übrigen Clustern.



a



b

c

d

Abb. 7: Mittelwertprofile von (a) Harmoniecluster I, (b) Subcluster I-1, (c) Subcluster I-2, (d) Subcluster I-3

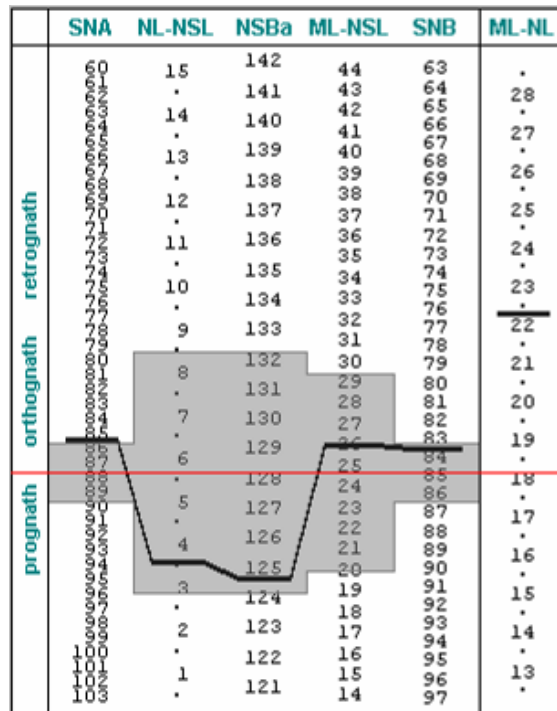
### 3.2.1.2 Harmoniecluster II

Die clusteranalytische Aufgliederung des Harmonieclusters II ergab zwei Subgruppen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Harmonievariablen sind Tab. 20 sowie Abb. 8 zu entnehmen. Die Verteilungen für SNA und SNB waren signifikant unterschiedlich ( $p \leq 0,001$ ). Dabei zeigte Subcluster II-2 einen im Mittel deutlich höheren Prognathiegrad als Subcluster II-1.

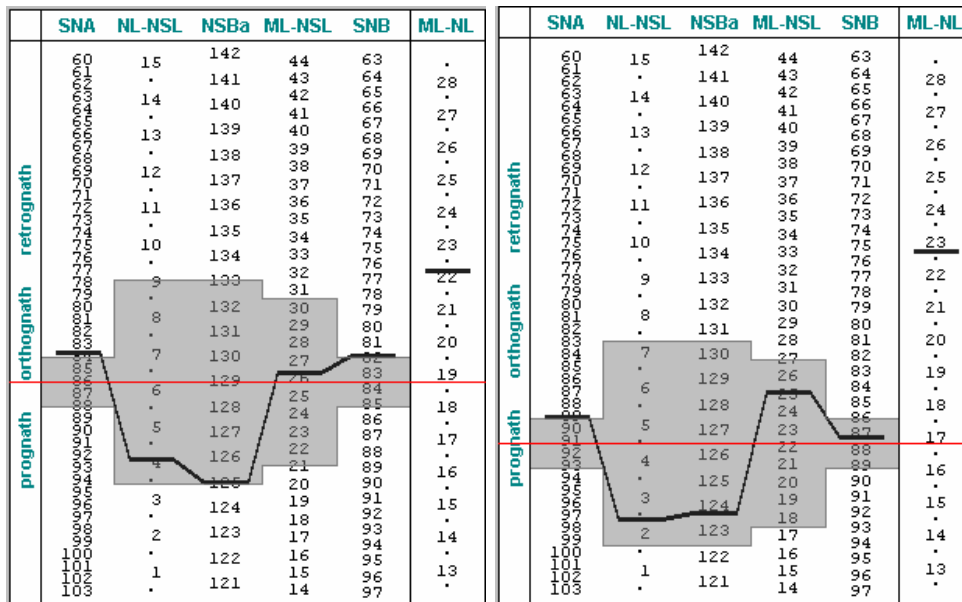
		SNA	SNB	NSBa	ML-NSL	NL-NSL	ML-NL	Disharm.- Index
II-1	Mittelw.	83,79	81,85	125,03	26,28	4,07	22,22	-,10
	Std.Abw.	2,79	2,97	2,52	3,34	2,47	3,57	,82
II-2	Mittelw.	89,10	87,26	123,67	25,13	2,44	22,69	,17
	Std.Abw.	2,52	4,14	2,61	3,71	3,61	5,14	,72
Total	Mittelw.	85,48	83,58	124,60	25,91	3,55	22,37	-,02
	Std.Abw.	3,66	4,20	2,60	3,47	2,94	4,09	,79

Tab. 20: Mittelwerte und –standardabweichungen der Harmonievariablen (mit Disharmonie-Index) nach Clustern

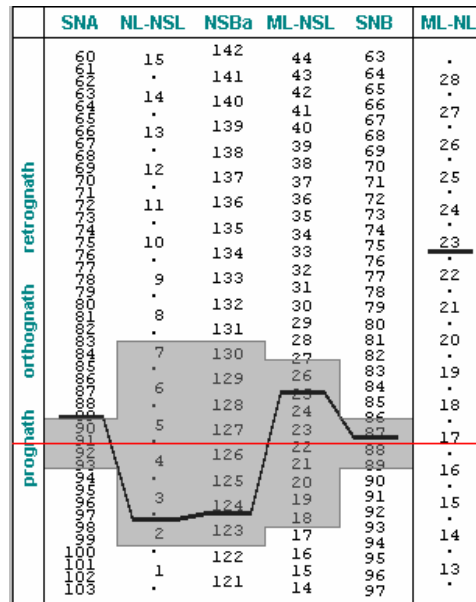
Die Ausprägung der Disharmonie lag jeweils im durchschnittlichen Bereich und war nicht signifikant unterschiedlich ausgeprägt.



a



b



c

Abb. 8: Mittelwertprofile von (a) Harmoniecluster II, (b) Subcluster II-1, (c) Subcluster II-2

### 3.2.1.3 Harmoniecluster III

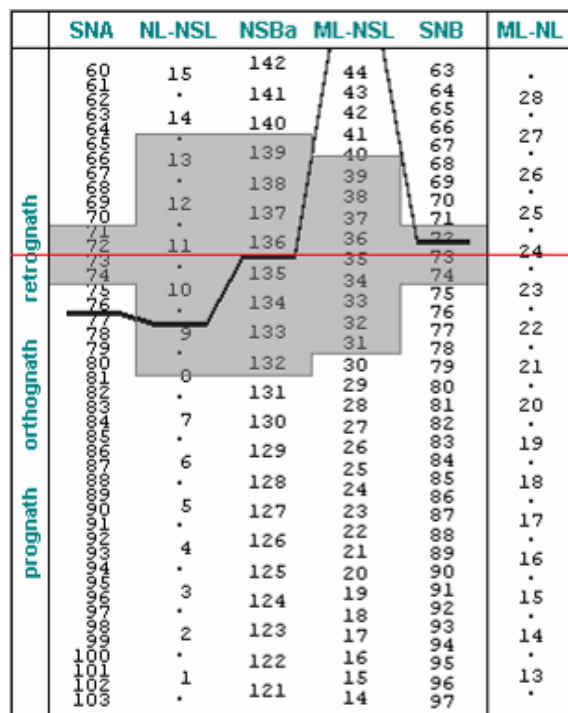
Die clusteranalytische Aufgliederung des Harmonieclusters III ergab ebenfalls zwei Subgruppen. Mittelwerte und Standardabweichungen der Harmonievariablen sind Tab. 21 sowie Abb. 9 zu entnehmen.

		SNA	SNB	NSBa	ML-NSL	NL-NSL	ML-NL	Disharm.- Index
III-1	Mittelw.	75,92	72,71	137,56	43,57	7,96	35,52	,77
	Std.Abw.	5,14	2,25	3,99	2,35	3,28	3,60	,58
III-2	Mittelw.	77,79	71,29	132,05	47,97	11,33	36,62	1,31
	Std.Abw.	3,74	5,30	3,86	2,72	2,90	2,79	,70
Total	Mittelw.	76,61	72,19	135,53	45,28	9,20	35,95	,98
	Std.Abw.	4,66	3,60	4,71	3,28	3,49	3,27	,67

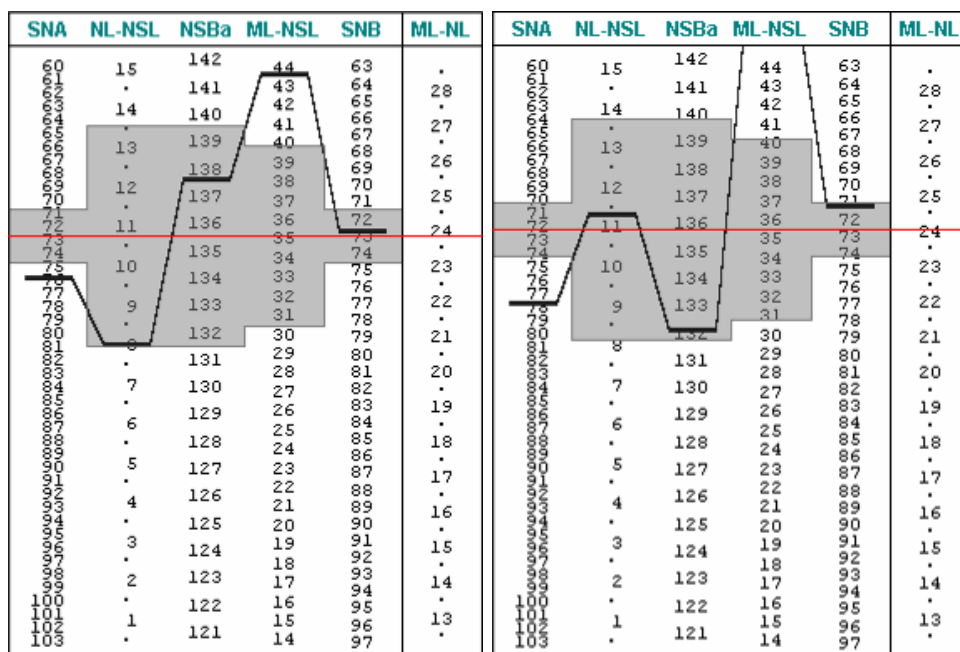
Tab. 21: Mittelwerte und –standardabweichungen der Harmonievariablen (mit Disharmonie-Index) nach Clustern

Die Verteilungen für ML-NSL, NL-NSL und NSBa waren signifikant unterschiedlich ( $p \leq 0,038$ ). Die in beiden Subclustern zu verzeichnende posteriore Inkliniation der Mandibula war bei Subcluster III-2 stärker ausgeprägt und von einer Tendenz zur posterioren Inkliniation der Maxilla begleitet. Hier lag auch ein spitzerer Schädelbasiswinkel vor als bei Subcluster III-1.

Die Ausprägung der Disharmonie war insgesamt deutlich ausgeprägt und mit  $z=1,31$  in Subcluster III-2 stärker, jedoch nicht signifikant, als in Subcluster III-1 mit  $z=0,77$ .



a



b

c

Abb. 9: Mittelwertprofile von (a) Harmoniecluster III, (b) Subcluster III-1, (c) Subcluster III-2

### 3.2.1.4 Harmoniecluster IV

Die clusteranalytische Aufgliederung des Harmonieclusters IV ergab zwei Subgruppen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Harmonievariablen sind Tab. 22 sowie Abb. 10 zu entnehmen.

		SNA	SNB	NSBa	ML-NSL	NL-NSL	ML-NL	Disharm.- Index
IV-1	Mittelw.	80,67	77,16	130,80	29,83	8,93	20,90	-,83
	Std.Abw.	2,72	2,47	2,80	2,15	2,57	2,78	,75
IV-2	Mittelw.	82,88	80,54	133,48	24,75	6,26	18,49	-,27
	Std.Abw.	2,84	2,87	3,42	3,05	2,87	3,42	1,01
Total	Mittelw.	81,60	78,60	131,94	27,68	7,80	19,88	-,59
	Std.Abw.	2,96	3,12	3,33	3,59	2,99	3,27	,91

Tab. 22: Mittelwerte und –standardabweichungen der Harmonievariablen (mit Disharmonie-Index) nach Clustern

Die Verteilungen sämtlicher Harmonievariablen waren signifikant unterschiedlich ( $p \leq 0,002$ ). Beide Subcluster zeichneten sich durch eine Tendenz zur Hypodivergenz aus; insbesondere bei Cluster IV-2 lag eine deutlich anteriore Inklination des Unterkiefers vor.

Die Ausprägung der Disharmonie war insgesamt eher unterdurchschnittlich, jedoch bei Subcluster IV-2 signifikant stärker ausgeprägt ( $p=0,013$ ).

	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
60	15	142	44	63	.	
61	.	141	43	64	28	
62	.	140	42	65	.	
63	14	140	41	66	27	
64	.	139	40	67	.	
65	13	138	39	68	26	
66	.	138	38	69	.	
67	12	137	37	70	25	
68	.	137	36	71	.	
69	11	136	35	72	24	
70	.	135	34	73	.	
71	.	135	34	74	.	
72	10	134	33	75	23	
73	.	134	32	76	.	
74	9	133	31	77	22	
75	.	133	30	78	.	
76	8	132	29	79	21	
77	.	131	28	80	.	
78	7	130	27	81	20	
79	.	129	26	82	.	
80	6	129	25	83	19	
81	.	128	24	84	.	
82	5	127	23	85	18	
83	.	127	22	86	.	
84	4	126	21	87	17	
85	.	126	20	88	.	
86	3	125	19	89	16	
87	.	125	18	90	.	
88	2	124	17	91	15	
89	.	123	16	92	.	
90	1	123	15	93	14	
91	.	122	14	94	.	
92	1	121	15	95	13	
93	.	121	14	96	.	
94	.			97	.	

a

	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
60	15	142	44	63	.	
61	.	141	43	64	28	
62	.	140	42	65	.	
63	14	140	41	66	27	
64	.	139	40	67	.	
65	13	138	39	68	26	
66	.	138	38	69	.	
67	12	137	37	70	25	
68	.	137	36	71	.	
69	11	136	35	72	24	
70	.	135	34	73	.	
71	.	135	34	74	.	
72	10	134	33	75	23	
73	.	134	32	76	.	
74	9	133	31	77	22	
75	.	133	30	78	.	
76	8	132	29	79	21	
77	.	131	28	80	.	
78	7	130	27	81	20	
79	.	129	26	82	.	
80	6	129	25	83	19	
81	.	128	24	84	.	
82	5	128	23	85	18	
83	.	127	22	86	.	
84	4	126	21	87	17	
85	.	126	20	88	.	
86	3	125	19	89	16	
87	.	125	18	90	.	
88	2	124	17	91	15	
89	.	123	16	92	.	
90	1	123	15	93	14	
91	.	122	14	94	.	
92	1	121	15	95	13	
93	.	121	14	96	.	
94	.			97	.	

b

	SNA	NL-NSL	NSBa	ML-NSL	SNB	ML-NL
60	15	142	44	63	.	
61	.	141	43	64	28	
62	.	140	42	65	.	
63	14	140	41	66	27	
64	.	139	40	67	.	
65	13	138	39	68	26	
66	.	138	38	69	.	
67	12	137	37	70	25	
68	.	137	36	71	.	
69	11	136	35	72	24	
70	.	135	34	73	.	
71	.	135	34	74	.	
72	10	134	33	75	23	
73	.	134	32	76	.	
74	9	133	31	77	22	
75	.	133	30	78	.	
76	8	132	29	79	21	
77	.	131	28	80	.	
78	7	130	27	81	20	
79	.	129	26	82	.	
80	6	129	25	83	19	
81	.	128	24	84	.	
82	5	127	23	85	18	
83	.	127	22	86	.	
84	4	126	21	87	17	
85	.	126	20	88	.	
86	3	125	19	89	16	
87	.	125	18	90	.	
88	2	124	17	91	15	
89	.	123	16	92	.	
90	1	123	15	93	14	
91	.	122	14	94	.	
92	1	121	15	95	13	
93	.	121	14	96	.	
94	.			97	.	

c

Abb. 10: Mittelwertprofile von (a) Harmoniecluster IV, (b) Subcluster IV-1, (c) Subcluster IV-2

### 3.2.1.5 Harmoniecluster V

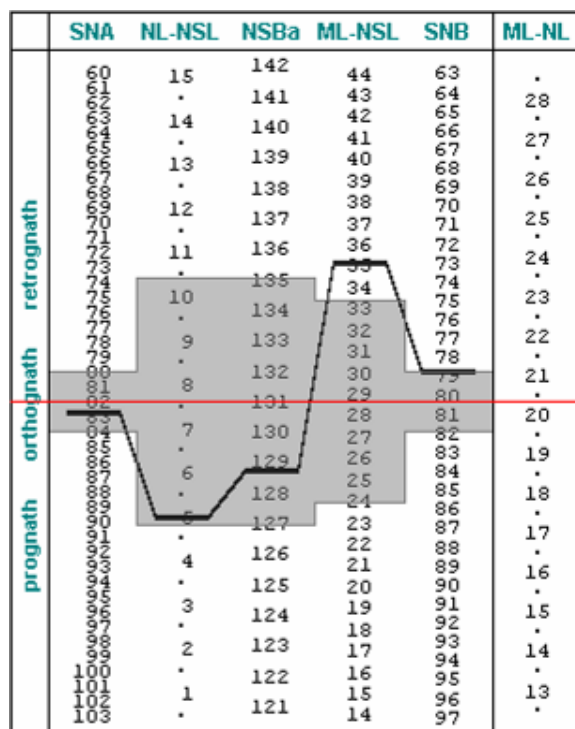
Die clusteranalytische Aufgliederung des Harmonieclusters IV ergab zwei Subgruppen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Harmonievariablen sind Tab. 23 sowie Abb. 11 zu entnehmen.

		SNA	SNB	NSBa	ML-NSL	NL-NSL	ML-NL	Disharm.- Index
V-1	Mittelw.	85,13	81,74	127,16	33,60	3,71	29,89	,56
	Std.Abw.	3,20	2,90	3,94	3,11	2,85	3,13	,79
V2	Mittelw.	81,50	77,13	129,58	36,00	5,71	30,28	,26
	Std.Abw.	2,97	2,11	3,41	3,23	2,62	2,91	,76
Total	Mittelw.	82,82	78,81	128,70	35,12	4,98	30,14	,37
	Std.Abw.	3,50	3,28	3,77	3,37	2,85	2,98	,78

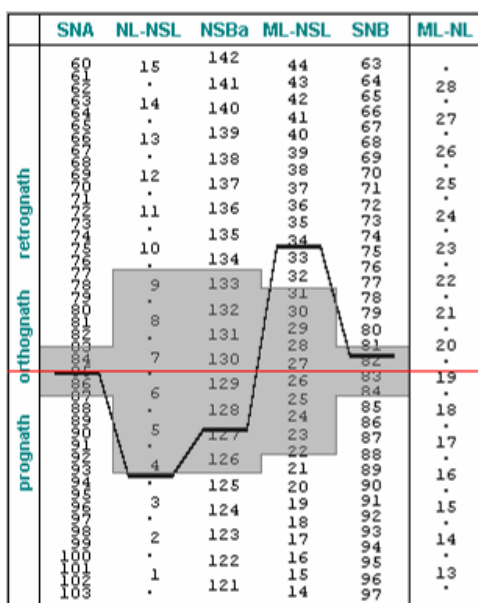
Tab. 23: Mittelwerte und –standardabweichungen der Harmonievariablen (mit Disharmonie-Index) nach Clustern

Die Verteilungen sämtlicher Harmonievariablen (mit Ausnahme von ML-NL) waren signifikant unterschiedlich ( $p \leq 0,006$ ). Der mittlere Prognathiegrad war bei Subcluster V-1 stärker ausgeprägt als bei Subcluster V-2. Die Patienten beider Subcluster wiesen insgesamt eher hyperdivergente Verhältnisse auf. Die anteriore Inklination der Maxilla war bei Cluster V-1 deutlicher ausgeprägt als bei Subcluster V-2.

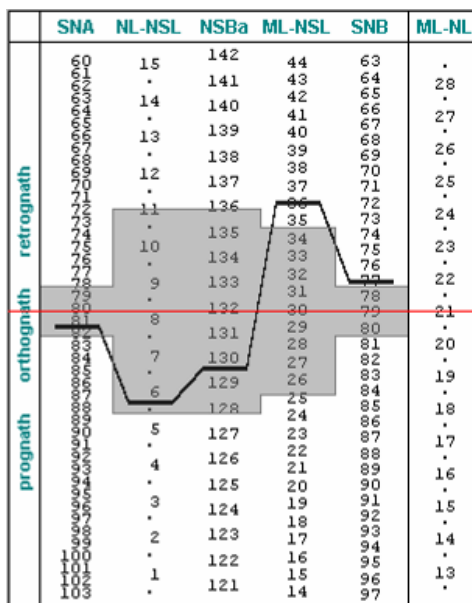
Die Ausprägung der Disharmonie war insgesamt tendenziell überdurchschnittlich, jedoch nicht signifikant unterschiedlich in den Subclustern ( $p=0,10$ ).



a



b



c

Abb. 11: Mittelwertprofile von (a) Harmoniecluster V, (b) Subcluster V-1, (c) Subcluster V-2

### 3.2.2 Vergleich nach klinischen Harmoniekriterien

Nachfolgend werden die Verteilungen der Haupt- und Subcluster auf die Kategorien der anhand des Harmonieschemas individualisierten Klassifikationen von Gesichtstyp, sagittaler Harmonie, vertikaler Harmonie und Gesamtharmonie wiedergegeben.

Die Verteilung des Gesichtstyps war, wie Tab. 24 zeigt, zwischen den Hauptclustern signifikant unterschiedlich ( $<0,001$ ). Der orthognathe Gesichtstyp war in den Clustern II, IV und V vorherrschend, der retrognathe Gesichtstyp in den Clustern I und III.

Die Binnendifferenzierung zeigt zwischen den Subclustern der „orthognathen“ Cluster II, IV und V signifikante Unterschiede. So kam der insgesamt selten auftretende prognathe Gesichtstyp fast ausnahmslos bei Patienten des Subclusters II-2 (40%) vor, während alle übrigen Patienten des Clusters II orthognathe Verhältnisse aufwiesen. Subcluster IV-1 unterscheidet sich mit einem Retrognathieanteil von 28,9 % signifikant von der Gesamttendenz des Clusters IV.

Die Verteilung der sagittalen Harmonie (Tab. 25) war ebenfalls zwischen den Hauptclustern signifikant unterschiedlich ( $<0,001$ ).

In den Clustern I und III überwog jeweils der distale Typus und war in Subcluster I-1 (94,4%) fast ausschließlich vertreten. Darüber hinaus ergab die Binnendifferenzierung hinsichtlich der sagittalen Harmonie keine signifikanten Unterschiede zwischen den Subclustern.

Der neutrale Typus war am häufigsten in den Clustern II (51,1%) und IV (57,6%), der mesiale Typus am häufigsten in Cluster II mit 29,8% zu beobachten, am seltensten in Cluster IV mit 6,1 %.

Ebenso erwies sich die Verteilung der vertikalen Harmonie (Tab. 26) als signifikant unterschiedlich zwischen den Hauptclustern ( $<0,001$ ). Dies ist in erster Linie auf die überdurchschnittliche Repräsentation des skelettal offenen Bisses in den Clustern III und V zurückzuführen, wie die Residuenanalyse zeigt.

Hinsichtlich der dichtotomen Gesamtharmonie (Tab. 27) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Hauptclustern oder den Subclustern. Ein insgesamt harmonischer Gesichtsaufbau lag nur bei sieben Patienten des gesamten Kollektivs (2,7%) vor.

Cluster		Gesichtstyp			total
		orthognath	retrognath	prognath	
I-1	n (%)	3 (16,7)	15 (83,3)	0 (0)	18 (100)
	stand. Res.	-1,0	0,7	-	
I-2	n (%)	0 (0)	7 (100)	0 (0)	7 (100)
	stand. Res.	-1,4	0,9	-	
I-3	n (%)	12 (48,0)	13 (52,0)	0 (0)	25 (100)
	stand. Res.	1,6	-1,1	-	
	p (Sig.)				0,06 (ns)
I (total)	n (%)	<b>15 (30,0)</b>	<b>35 (70,0)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>50 (100)</b>
	stand. Res.	-3,5	6,2	-1,2	
II-1	n (%)	32 (100)	0 (0)	0 (0)	32 (100)
	stand. Res.	0,8	-	-2,0	
II-2	n (%)	9 (60,0)	0 (0)	6 (40,0)	15 (100)
	stand. Res.	-1,1	-	3,0	
	p (Sig.)				<b>&lt;0,001 (*)</b>
II (total)	n (%)	<b>41 (87,2)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>6 (12,8)</b>	<b>47</b>
	stand. Res.	1,2	-3,5	4,2	
III-1	n (%)	2 (16,7)	10 (83,3)	0 (0)	12 (100)
	stand. Res.	-0,7	0,4	-	
III-2	n (%)	3 (42,9)	4 (57,1)	0 (0)	7 (100)
	stand. Res.	0,9	-0,5	-	
	p (Sig.)				0,31 (ns)
III (total)	n (%)	<b>5 (26,3)</b>	<b>14 (73,7)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>19 (100)</b>
	stand. Res.	-2,3	4,2	-0,7	
IV-1	n (%)	27 (71,1)	11 (28,9)	0 (0)	38 (100)
	stand. Res.	-0,7	1-6	-	
IV-2	n (%)	27 (96,4)	1 (3,6)	0 (0)	28 (100)
	stand. Res.	0,9	-1,8	-	
	p (Sig.)				<b>0,009 (*)</b>
IV (total)	n (%)	<b>54 (81,8)</b>	<b>12 (18,2)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>66 (100)</b>
	stand. Res.	1,0	-1,2	-1,3	
V-1	n (%)	27 (96,4)	0 (0)	1 (3,6)	28 (100)
	stand. Res.	0,2	-1,3	1,1	
V-2	n (%)	44 (89,8)	5 (10,2)	0 (0)	49 (100)
	stand. Res.	-0,2	1,0	-0,8	
	p (Sig.)				<b>0,035 (*)</b>
V (total)	n (%)	<b>71 (92,2)</b>	<b>5 (6,5)</b>	<b>1 (1,3)</b>	<b>77 (100)</b>
	stand. Res.	2,1	-3,3	-0,7	
<b>I-V (total)</b>	<b>n (%)</b>	<b>186 (71,8)</b>	<b>66 (25,5)</b>	<b>7 (2,7)</b>	<b>259 (100)</b>
	<b>p (Sig.)</b>				<b>&lt;0,001(*)</b>

Tab. 24: Verteilung des Gesichtstyps in den Harmonieclustern

Cluster		sagittale Harmonie			total
		neutral	distal	mesial	
I-1	n (%)	0 (0)	17 (94,4)	1 (5,6)	18 (100)
	stand. Res.	-1,7	1,1	-0,8	
I-2	n (%)	2 (28,6)	4 (57,1)	1 (14,3)	7 (100)
	stand. Res.	0,8	-0,5	0,2	
I-3	n (%)	6 (24)	15 (60)	4 (16)	25 (100)
	stand. Res.	1	-0,7	0,6	
	p (Sig.)				<b>0,037 (*)</b>
I (total)	n (%)	<b>8 (16)</b>	<b>36 (72)</b>	<b>6 (12)</b>	<b>50 (100)</b>
	stand. Res.	-2,7	2,6	-0,1	
II-1	n (%)	16 (50)	7 (21,9)	9 (28,1)	32 (100)
	stand. Res.	-0,1	0,4	-0,2	
II-2	n (%)	8 (53,3)	2 (13,3)	5 (33,3)	15 (100)
	stand. Res.	0,1	-0,5	0,3	
	p (Sig.)				0,77 (ns)
II (total)	n (%)	<b>24 (51,1)</b>	<b>9 (19,1)</b>	<b>14 (29,8)</b>	<b>47 (100)</b>
	stand. Res.	1,1	-2,8	3,3	
III-1	n (%)	1 (8,3)	9 (75)	2 (16,7)	12 (100)
	stand. Res.	-0,7	9,1	0,7	
III-2	n (%)	2 (28,6)	5 (71,4)	0 (0)	7 (100)
	stand. Res.	0,9	-0,1	-0,9	
	p (Sig.)				0,23 (ns)
III (total)	n (%)	<b>3 (15,8)</b>	<b>14 (73,7)</b>	<b>2 (10,5)</b>	<b>19 (100)</b>
	stand. Res.	-1,7	1,7	-0,3	
IV-1	n (%)	19 (50)	18 (47,4)	1 (2,6)	38 (100)
	stand. Res.	-0,6	1,1	-0,9	
IV-2	n (%)	19 (67,9)	6 (21,4)	3 (10,7)	28 (100)
	stand. Res.	0,7	-1,3	1	
	p (Sig.)				0,06 (ns)
IV (total)	n (%)	<b>38 (57,6)</b>	<b>24 (36,4)</b>	<b>4 (6,1)</b>	<b>66 (100)</b>
	stand. Res.	2,2	-1,2	-1,5	
V-1	n (%)	13 (46,4)	11 (39,3)	4 (14,3)	28 (100)
	stand. Res.	0,4	-0,8	0,9	
V-2	n (%)	19 (38,8)	27 (55,1)	3 (6,1)	49 (100)
	stand. Res.	-0,3	0,6	-0,7	
	p (Sig.)				0,29 (ns)
V (total)	n (%)	<b>32 (41,6)</b>	<b>38 (49,4)</b>	<b>7 (9,1)</b>	<b>77 (100)</b>
	stand. Res.	0,1	0,3	-0,9	
I-V (total)		<b>105 (40,5)</b>	<b>121 (46,7)</b>	<b>33 (12,7)</b>	<b>259 (100)</b>
	p (Sig.)				<b>&lt;0,001 (*)</b>

Tab. 25: Verteilung der sagittalen Harmonie in den Harmonieclustern

Cluster		vertikale Harmonie			total
		normo-divergent	hypo-divergent	hyper-divergent	
I-1	n (%)	15 (83,3)	2 (11,1)	1 (5,6)	18 (100)
	stand. Res.	-0,5	1,5	1,1	
I-2	n (%)	7 (100)	0 (0)	0 (0)	7 (100)
	stand. Res.	0,2	-0,5	-0,4	
I-3	n (%)	25 (100)	0 (0)	0 (0)	25 (100)
	stand. Res.	0,3	-1	-0,7	
	p (Sig.)				0,17 (ns)
I (total)	n (%)	<b>47 (94)</b>	<b>2 (4)</b>	<b>1 (2)</b>	<b>50 (100)</b>
	stand. Res.	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>-3,4</b>	
II-1	n (%)	31 (96,9)	1 (3,1)	0 (0)	32 (100)
	stand. Res.	0,6	0,4	-1,8	
II-2	n (%)	10 (66,7)	0 (0)	5 (33,3)	15 (100)
	stand. Res.	-0,9	-0,6	2,7	
	p (Sig.)				<b>0,001 (*)</b>
II (total)	n (%)	<b>41 (87,2)</b>	<b>1 (2,1)</b>	<b>5 (10,6)</b>	<b>47 (100)</b>
	stand. Res.	<b>1,2</b>	<b>0,3</b>	<b>-2,1</b>	
III-1	n (%)	2 (18,2)	0 (0)	9 (81,8)	11 (100)
	stand. Res.	0,7	-	-0,2	
III-2	n (%)	0 (0)	0 (0)	7 (100)	7 (100)
	stand. Res.	-0,9	-	0,3	
	p (Sig.)				0,50 (ns)
III (total)	n (%)	<b>2 (11,1)</b>	<b>0(0)</b>	<b>16 (88,9)</b>	<b>18 (100)</b>
	stand. Res.	-3,0	-0,5	5,2	
IV-1	n (%)	38 (100)	0 (0)	0 (0)	38 (100)
	stand. Res.	0,1	-0,8	-	
IV-2	n (%)	27 (96,4)	1 (3,6)	0 (0)	28 (100)
	stand. Res.	-0,1	0,9	-	
	p (Sig.)				0,42 (ns)
IV (total)	n (%)	<b>65 (98,5)</b>	<b>1 (1,5)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>66 (100)</b>
	stand. Res.	<b>2,5</b>	<b>0</b>	<b>-4,2</b>	
V-1	n (%)	9 (32,1)	0 (0)	19(67,9)	28 (100)
	stand. Res.	-0,7	-	0,6	
V-2	n (%)	22 (44,9)	0 (0)	27(55,1)	49 (100)
	stand. Res.	0,5	-	-0,4	
	p (Sig.)				0,34 (ns)
V (total)	n (%)	<b>31 (40,3)</b>	<b>0 (0)</b>	<b>46 (59,7)</b>	<b>77 (100)</b>
	stand. Res.	<b>-3,3</b>	<b>-1,1</b>	<b>5,7</b>	
I-V (total)	n (%)	<b>186 (72,1)</b>	<b>4 (1,6)</b>	<b>68 (26,4)</b>	<b>258 (100)</b>
	p (Sig.)				<b>&lt;0,001 (*)</b>

Tab. 26: Verteilung der vertikalen Harmonie in den Harmonieclustern

Cluster		Gesamtharmonie		total
		harmonisch	disharmonisch	
I-1	n (%)	0 (0)	18 (100)	18 (100)
	stand. Res.	-0,6	0,1	
I-2	n (%)	0 (0)	7 (100)	7 (100)
	stand. Res.	-0,4	0,1	
I-3	n (%)	1 (4)	24 (96)	25 (100)
	stand. Res.	0,7	-0,1	
	p (Sig.)			0,50 (ns)
I (total)	n (%)	<b>1 (2)</b>	<b>49 (98)</b>	<b>50 (100)</b>
	stand. Res.	<b>-0,3</b>	<b>0,1</b>	
II-1	n (%)	1 (3,1)	31 (96,9)	32 (100)
	stand. Res.	0,4	-0,1	
II-2	n (%)	0 (0)	15 (100)	15 (100)
	stand. Res.	-0,6	0,1	
	p (Sig.)			1,00 (ns)
II (total)	n (%)	<b>1 (2,1)</b>	<b>46 (97,9)</b>	<b>47 (100)</b>
	stand. Res.	<b>-0,2</b>	<b>0</b>	
III-1	n (%)	0 (0)	12 (100)	12 (100)
	stand. Res.	-		
III-2	n (%)	0 (0)	7 (100)	7 (100)
	stand. Res.	-		
	p (Sig.)			-
III (total)	n (%)	<b>0 (0)</b>	<b>19 (100)</b>	<b>19 (100)</b>
	stand. Res.	<b>-0,7</b>	<b>0,1</b>	
IV-1	n (%)	2 (5,3)	36 (94,7)	38 (100)
	stand. Res.	-0,2	0,1	
IV-2	n (%)	2 (7,1)	26 (92,9)	28 (100)
	stand. Res.	0,2	-0,1	
	p (Sig.)			0,75 (ns)
IV (total)	n (%)	<b>4 (6,1)</b>	<b>62 (93,9)</b>	<b>66 (100)</b>
	stand. Res.	<b>1,7</b>	<b>-0,3</b>	
V-1	n (%)	0 (0)	28 (100)	28 (100)
	stand. Res.	-0,6	0,1	
V-2	n (%)	1 (2)	48 (98)	49 (100)
	stand. Res.	0,5	-0,1	
	p (Sig.)			1,0 (ns)
V (total)	n (%)	<b>1 (1,3)</b>	<b>76 (98,7)</b>	<b>77 (100)</b>
	stand. Res.	<b>-0,7</b>	<b>0,1</b>	
I-V (total)	n (%)	<b>7 (2,7)</b>	<b>252 (97,3)</b>	<b>259 (100)</b>
	p (Sig.)			0,40 (ns)

Tab. 27: Verteilung der Gesamtharmonie in den Harmonieclustern

### 3.3 Konkordanz der Clusterlösungen

Mit Hilfe von Kontingenztafeln wurde überprüft, ob eine signifikante Konkordanz zwischen den Clusterlösungen der drei angewandten Auswertungsansätze bestand.

Dabei ergaben sich folgende signifikante Überschneidungen (Tab. 28).

Gesamtcluster	Cluster nach sagittaler Basenrelation	Cluster Harmonische Relationen
1	Neutral-1	IV-1 (IV-2)
2	Mesial-1	I-3
3	Distal-2	III-2
4	Mesial-3	II-1
5	Neutral-2	V-1 V-2
6	Neutral-1	IV-2
7	Distal-2	III-1

Tab. 28: Konvergenz der Clusterlösungen

## 4 Diskussion

Insgesamt wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung drei clusteranalytische Auswertungsansätze realisiert, die sich nach dem zugrunde liegenden Parametersatz bzw. nach der Vorgabe einer A-priori-Klassifikation unterscheiden.

### 4.1 Faktoren- und Clusteranalyse des Gesamtdatensatzes

Der erste „statistische“ Ansatz stellt eine A-posteriori-Klassifikationslösung auf der Basis sämtlicher verfügbarer kephalometrischer Parameter dar, die zuvor mit Hilfe einer Hauptkomponentenanalyse faktorisiert wurden, um der unterschiedlichen Redundanz Rechnung zu tragen, mit der die einzelnen kraniofazialen Dimensionen im Parametersatz repräsentiert sind. Nach Rotation auf Einfachstruktur lassen sich die extrahierten Faktoren anhand der Höhe der Ladungen, die die kephalometrischen Parameter auf den einzelnen Faktoren aufweisen, inhaltlich charakterisieren.

Der nach dem Grad der Varianzaufklärung stärkste Faktor beschreibt damit einen Merkmalskomplex, der die Inklination der Mandibula und den Interbasenwinkel, den Gesamtgesichtswinkel nach *Björk*, den (unteren) Gonionwinkel, die *Jarabak*-Ratio zwischen hinterer und vorderer Gesichtshöhe sowie den Fazialachsenwinkel umfasst.

Der fast ebenso „starke“, zweite Faktor ist durch dimensionale Maße wie die absolute Gesichtshöhe, die anteroposteriore Extension des Unterkiefers sowie die vordere Schädelbasislänge (NSe) nach *A.M. Schwarz* charakterisiert.

Faktor 3 umfasst die Parameter der sagittalen Basenrelation mit der Lage des Unterkiefers als wichtige Determinante sowie den Winkel zwischen der Unterkiefer-Schneidezahnachse und der Mandibularlinie, außerdem die Weichteilparameter *Holdaway*- und Nasolabialwinkel.

Der vierte Faktor beschreibt die Abstände der Schneidezahn-Inzisalkanten zur NA- bzw. NB-Linie sowie die Pogonionprominenz in Relation zu NB.

Die übrigen Faktoren tragen jeweils zu weniger als 10% der erklärten Gesamtvarianz bei. Dabei wird Faktor 5 wesentlich durch die sagittale Lage der Maxilla zur Schädelbasis, daneben auch durch den Prognathiegrad des Unterkiefers und die Protrusion der unteren Inzisiven bestimmt. Faktor 6 umfasst die absoluten Dimensionen von Oberkiefer, Nasallinie und aufsteigendem Ast, Faktor 7 die Frontzahninklination zur NA- bzw. NB-Linie, Faktor 8 die vertikale Inklination der Maxilla sowie die Abknickung der Schädelbasis und Faktor 9 vor allem den oberen Gonionwinkel und den Gelenkwinkel. Faktor 10 wird weitgehend durch den Index der anterioren Gesichtshöhenrelation repräsentiert, die sich somit als unabhängiger Parameter des vertikalen Gesichtsaufbaus betrachten lässt.

Der Einfluss des Faktors „Alter“ auf die Clusterbildung wurde regressionsanalytisch kontrolliert, so dass die gewählte 7-Cluster-Lösung keine signifikanten Gruppenunterschiede hinsichtlich des Lebensalters ergab. Dagegen unterschieden sich die Cluster erwartungsgemäß signifikant hinsichtlich sämtlicher Fernröntgenparameter.

Anhand der Cluster-Mittelwertprofile sowie der innerhalb der Cluster ermittelten Häufigkeitsverteilungen klassifizierter sagittaler und vertikaler Strukturmerkmale lassen sich die Cluster kephalometrisch typisieren. Zur Veranschaulichung sind in den Abb. 12 bis 18 die Profildurchzeichnungen prototypischer Vertreter der einzelnen Cluster wiedergegeben. Dabei handelt es sich um jene Patienten, die innerhalb ihres Clusters jeweils die geringste euklidische Distanz zum entsprechenden Clusterzentrum aufwiesen.

Cluster 1 kennzeichnet ein überwiegend orthognather Gesichtstyp mit neutraler Basenrelation bei tendenzieller Distallage des Unterkiefers, in der Vertikalen liegen normodivergente Kieferbasen mit leichter Tendenz zum tiefen Biss vor. Der Schädelbasiswinkel ist eher stumpf, das Weichteilprofil eher konvex.

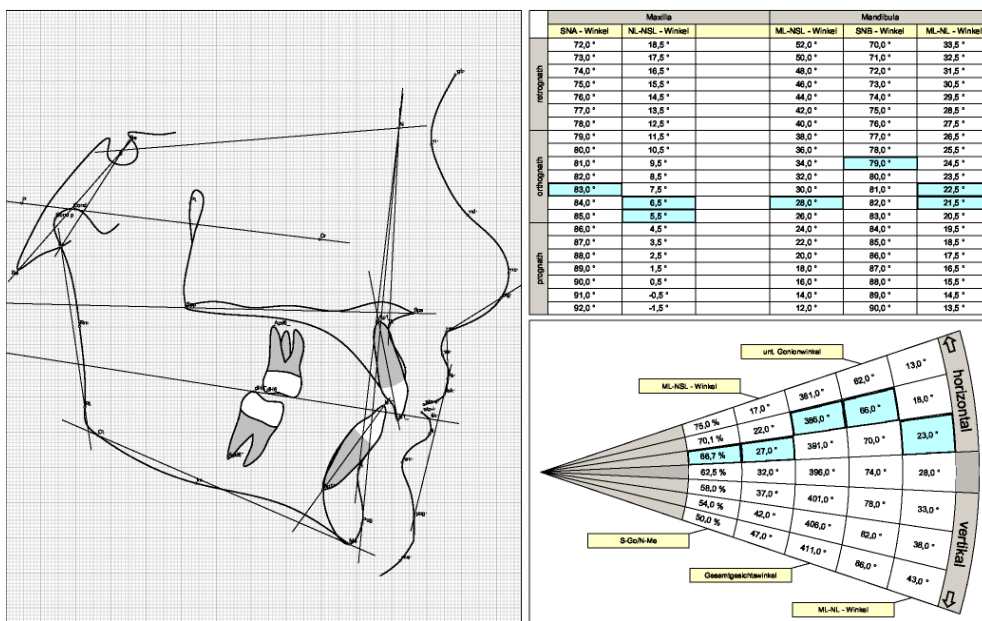


Abb. 12: Prototyp Cluster 1 (M.G., w, 18,1 J.)

Cluster 2 zeigt einen insgesamt retrognathen Gesichtstyp bei variabler, überwiegend distaler sagittaler Kieferrelation sowie Normo- bis Hyperdivergenz und skelettal neutralem Biss in der Vertikalen. Das Weichteilprofil ist konkav bei ausgeprägter Kinnprominenz.

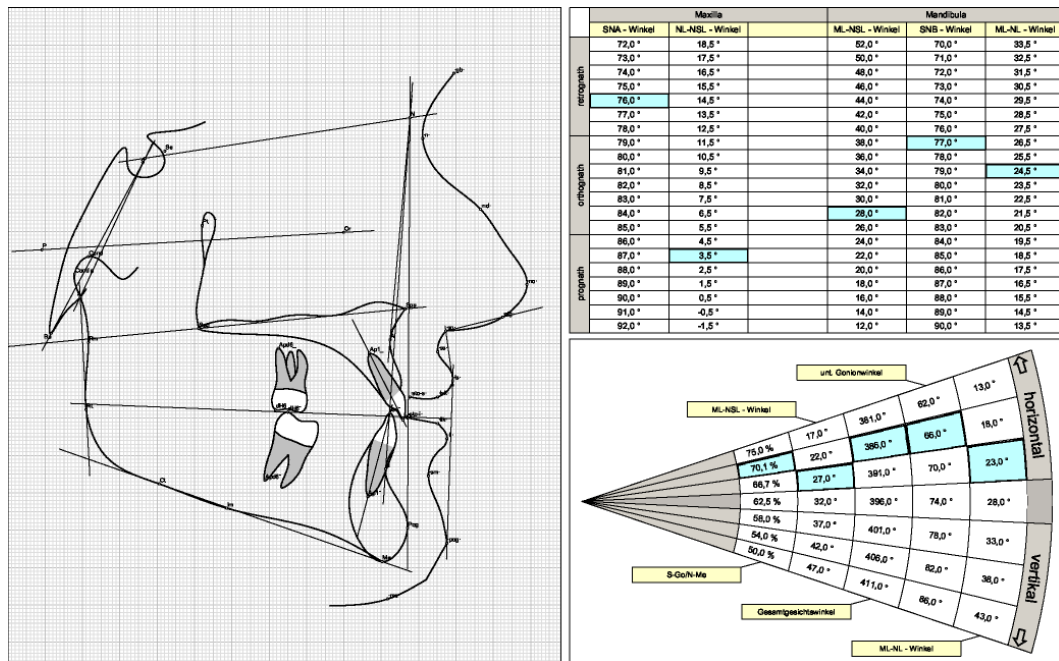
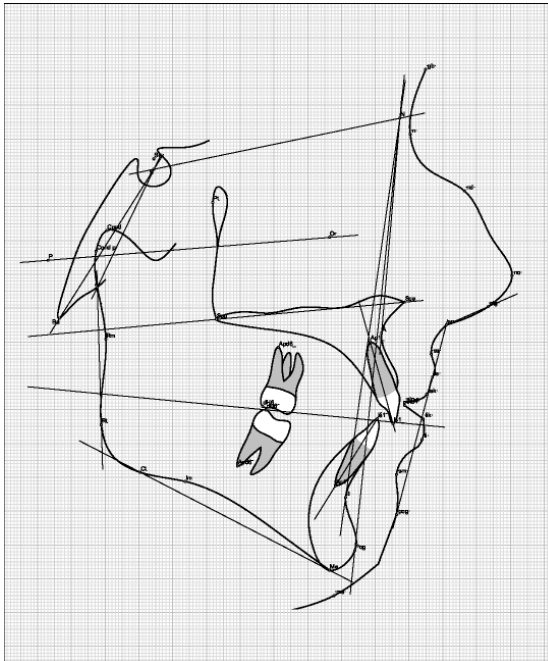


Abb. 13: Prototyp Cluster 2 (I.B., w, 22,4 J.)

Cluster 3 zeichnet sich ebenfalls durch einen insgesamt retrognathen Gesichtstyp bei überwiegend distaler Basenrelation und vertikaler Hyperdivergenz mit einem skelettal neutralen bis offenen Biss aus. Der Wachstumstyp eher vertikal.

In Cluster 4 sind Patienten mit mesialer skelettaler Relation versammelt, wobei der Oberkiefer orthognath oder retrognath erscheint und mit einer prognathen oder orthognathen Unterkieferlage kombiniert ist. Die vertikale Relation ist hypo- bis normodivergent, der Schädelbasiswinkel ist eher spitz, das Weichteilprofil konkav.



	Maxilla		Mandibula	
	SNA - Winkel	NL-NSL - Winkel	ML-NSL - Winkel	SNB - Winkel
72,0°	18,5°	52,0°	70,0°	33,5°
74,0°	17,5°	50,0°	71,0°	32,5°
75,0°	16,5°	48,0°	72,0°	31,5°
76,0°	15,5°	46,0°	73,0°	30,5°
77,0°	14,5°	44,0°	74,0°	29,5°
78,0°	13,5°	42,0°	75,0°	28,5°
79,0°	12,5°	40,0°	76,0°	27,5°
80,0°	11,5°	38,0°	77,0°	26,5°
81,0°	10,5°	36,0°	78,0°	25,5°
82,0°	9,5°	34,0°	79,0°	24,5°
83,0°	8,5°	32,0°	80,0°	23,5°
84,0°	7,5°	30,0°	81,0°	22,5°
85,0°	6,5°	28,0°	82,0°	21,5°
86,0°	5,5°	26,0°	83,0°	20,5°
87,0°	4,5°	24,0°	84,0°	19,5°
88,0°	3,5°	22,0°	85,0°	18,5°
89,0°	2,5°	20,0°	86,0°	17,5°
90,0°	1,5°	18,0°	87,0°	16,5°
91,0°	0,5°	16,0°	88,0°	15,5°
92,0°	-0,5°	14,0°	89,0°	14,5°
	-1,5°	12,0°	90,0°	13,5°

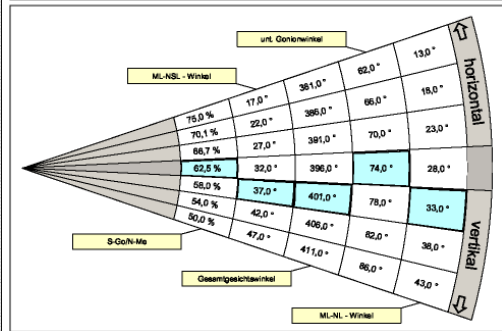
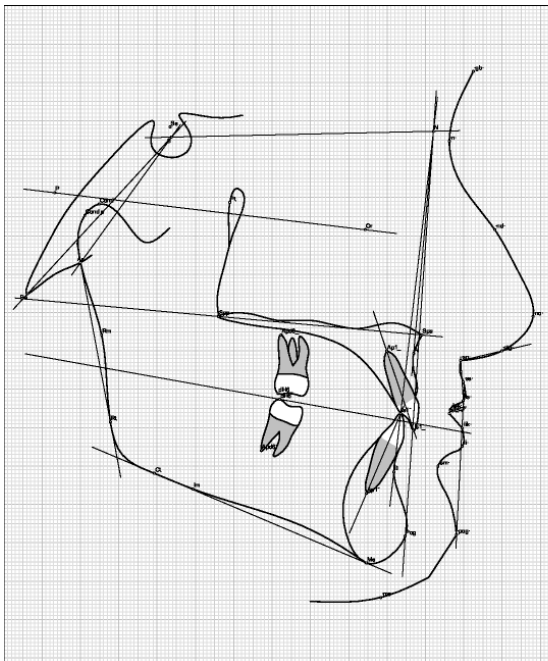


Abb. 14: Prototyp Cluster 3 (A.R., w, 18,5 J.)



	Maxilla		Mandibula	
	SNA - Winkel	NL-NSL - Winkel	ML-NSL - Winkel	SNB - Winkel
72,0°	18,5°	52,0°	70,0°	33,5°
74,0°	17,5°	50,0°	71,0°	32,5°
75,0°	16,5°	48,0°	72,0°	31,5°
76,0°	15,5°	46,0°	73,0°	30,5°
77,0°	14,5°	44,0°	74,0°	29,5°
78,0°	13,5°	42,0°	75,0°	28,5°
79,0°	12,5°	40,0°	76,0°	27,5°
80,0°	11,5°	38,0°	77,0°	26,5°
81,0°	10,5°	36,0°	78,0°	25,5°
82,0°	9,5°	34,0°	79,0°	24,5°
83,0°	8,5°	32,0°	80,0°	23,5°
84,0°	7,5°	30,0°	81,0°	22,5°
85,0°	6,5°	28,0°	82,0°	21,5°
86,0°	5,5°	26,0°	83,0°	20,5°
87,0°	4,5°	24,0°	84,0°	19,5°
88,0°	3,5°	22,0°	85,0°	18,5°
89,0°	2,5°	20,0°	86,0°	17,5°
90,0°	1,5°	18,0°	87,0°	16,5°
91,0°	0,5°	16,0°	88,0°	15,5°
92,0°	-0,5°	14,0°	89,0°	14,5°
	-1,5°	12,0°	90,0°	13,5°

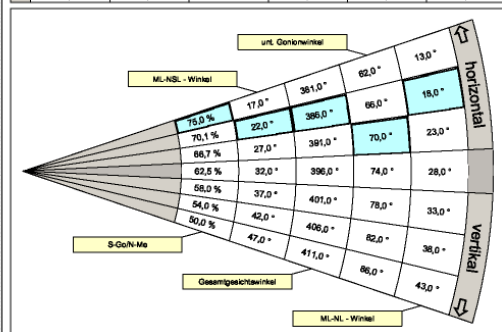


Abb. 15: Prototyp Cluster 4 (F.K., w, 15,8 J.)

Cluster 5 umfasst Patienten mit überwiegend neutral-orthognather Kieferrelation bzw. tendenzieller Distallage des Unterkiefers bei normgerechten vertikalen Verhältnissen mit Tendenz zur Hyperdivergenz, einer stärkeren Schädelbasisknickung sowie einem eher konvexen Weichteilprofil.

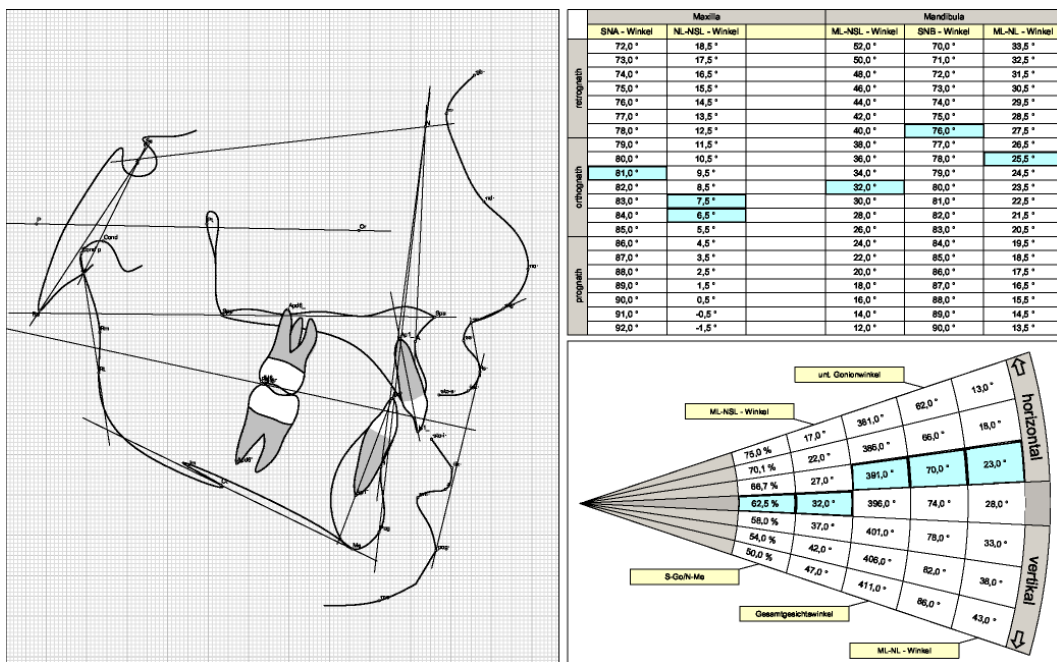
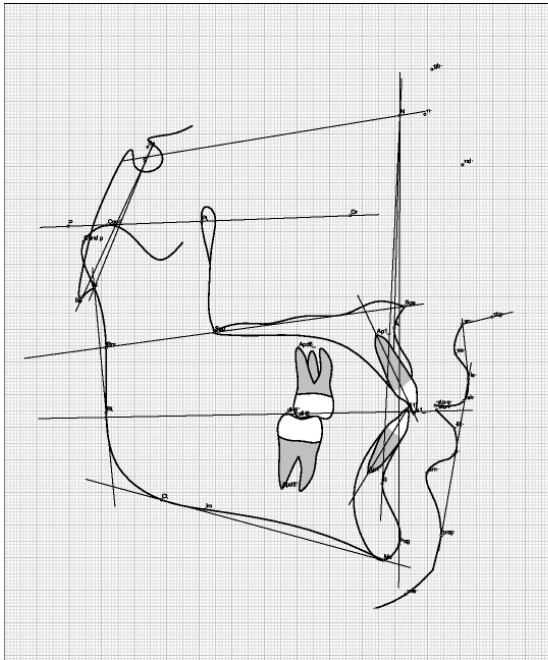


Abb. 16: Prototyp Cluster 5 (C.M., w, 10 J.)

Cluster 6 weist normgerecht sagittale Relationen sowie einen normo- bis hypodivergenten vertikalen Aufbau auf. Der Schädelbasiswinkel ist eher spitz, das Weichteilprofil eher konvex.

In Cluster 7 sind Patienten mit meist skelettal offenem Biss und Hyperdivergenz bei gemischter sagittaler Relation, überwiegend orthognathem Gesichtstyp und eher konvexem Weichteilprofil versammelt.



	Maxilla		Mandibula		
	SNA - Winkel	NL-NSL - Winkel	ML-NSL - Winkel	SNS - Winkel	ML-NL - Winkel
metagraph	72,0°	18,5°	52,0°	70,0°	33,5°
	73,0°	17,5°	50,0°	71,0°	32,5°
	74,0°	16,5°	48,0°	72,0°	31,5°
	75,0°	15,5°	46,0°	73,0°	30,5°
	76,0°	14,5°	44,0°	74,0°	29,5°
	77,0°	13,5°	42,0°	75,0°	28,5°
orthograph	78,0°	12,5°	40,0°	76,0°	27,5°
	79,0°	11,5°	38,0°	77,0°	26,5°
	80,0°	10,5°	36,0°	78,0°	25,5°
	81,0°	9,5°	34,0°	79,0°	24,5°
	82,0°	8,5°	32,0°	80,0°	23,5°
	83,0°	7,5°	30,0°	81,0°	22,5°
prograph	84,0°	6,5°	28,0°	82,0°	21,5°
	85,0°	5,5°	26,0°	83,0°	20,5°
	86,0°	4,5°	24,0°	84,0°	19,5°
	87,0°	3,5°	22,0°	85,0°	18,5°
	88,0°	2,5°	20,0°	86,0°	17,5°
	89,0°	1,5°	18,0°	87,0°	16,5°
90,0°	0,5°	16,0°	88,0°	15,5°	
91,0°	-0,5°	14,0°	89,0°	14,5°	
92,0°	-1,5°	12,0°	90,0°	13,5°	

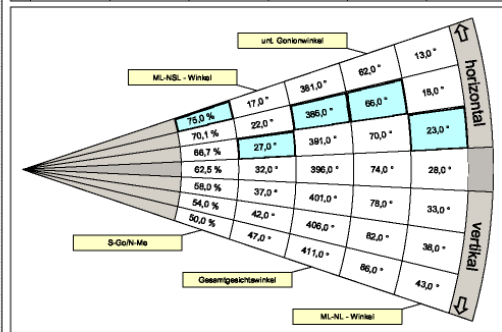
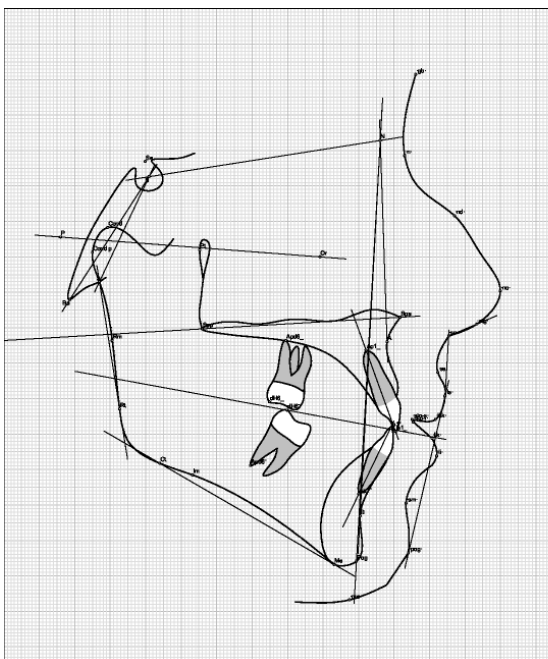


Abb. 17: Prototyp Cluster 6 (E.K., m, 19,3 J.)



	Maxilla		Mandibula		
	SNA - Winkel	NL-NSL - Winkel	ML-NSL - Winkel	SNS - Winkel	ML-NL - Winkel
metagraph	72,0°	18,5°	52,0°	70,0°	33,5°
	73,0°	17,5°	50,0°	71,0°	32,5°
	74,0°	16,5°	48,0°	72,0°	31,5°
	75,0°	15,5°	46,0°	73,0°	30,5°
	76,0°	14,5°	44,0°	74,0°	29,5°
	77,0°	13,5°	42,0°	75,0°	28,5°
orthograph	78,0°	12,5°	40,0°	76,0°	27,5°
	79,0°	11,5°	38,0°	77,0°	26,5°
	80,0°	10,5°	36,0°	78,0°	25,5°
	81,0°	9,5°	34,0°	79,0°	24,5°
	82,0°	8,5°	32,0°	80,0°	23,5°
	83,0°	7,5°	30,0°	81,0°	22,5°
prograph	84,0°	6,5°	28,0°	82,0°	21,5°
	85,0°	5,5°	26,0°	83,0°	20,5°
	86,0°	4,5°	24,0°	84,0°	19,5°
	87,0°	3,5°	22,0°	85,0°	18,5°
	88,0°	2,5°	20,0°	86,0°	17,5°
	89,0°	1,5°	18,0°	87,0°	16,5°
90,0°	0,5°	16,0°	88,0°	15,5°	
91,0°	-0,5°	14,0°	89,0°	14,5°	
92,0°	-1,5°	12,0°	90,0°	13,5°	

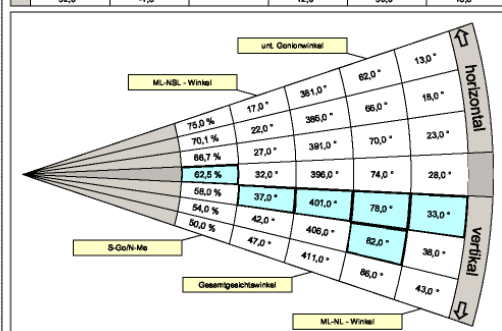


Abb. 18: Prototyp Cluster 7 (D.H., m, 17,6 J.)

## **4.2 Skelettale Klassifikation**

Das wohl bedeutendste kieferorthopädische Klassifikationssystem beruht auf der von *Angle* vorgeschlagenen Einteilung. Trotz vielfacher wissenschaftlicher Kritik an den Unzulänglichkeiten dieser Taxonomie existieren nur wenige Untersuchungen, in denen eine empirisch basierte mehrdimensionale Differenzierung der Fehlbildungsklassen I, II oder III mit Hilfe clusteranalytischer Methoden unternommen wurde (*Abu Alhaija und Richardson 2003, Bai et al. 1997, Bui et al. 2006, Espona et al. 1995, Ferrario et al. 1992, Finkelstein et al. 1989, Hanihara et al. 1996, Hong und Yi 2001, Koch und Bartsch 1996, Lavelle 1992, Kim et al. 2005, Mackay et al. 1992, McIntyre und Mossey 2002, 2004, Moore et al. 2000, Suzuki und Takahama 1991, Tsuchiya et al. 1992, Veleminska 2000, Veleminska und Mullerova 2001, Velly et al. 2002, Ward et al. 1989, Wong et al. 1989, Zou et al. 2001*).

Daher wurden im zweiten „klinischen“ Analyseansatz der vorliegenden Studie die Patienten hinsichtlich ihrer sagittalen skelettalen Relation mit Hilfe des individualisierten ANB-Winkels sowie des WITS Appraisal in die drei A-priori-Gruppen „neutrale Relation“, „distale Relation“ und „mesiale Relation“ eingeteilt. Dabei konnten 87,3 % der Patienten klassifiziert werden. Bei den übrigen Patienten ergab die Einstufung anhand des WITS Appraisal eine Abweichung gegenüber der auf dem individualisierten ANB-Winkel basierenden Einstufung um mehr als eine Klasse, so dass sie als nicht klassifizierte Gruppe außer Acht blieben. Eine annähernd gleiche Häufigkeit der skelettalen Gruppen I und II wie bei vorliegender Untersuchung wurde auch von anderen kieferorthopädischen Patientenkollektiven berichtet (*Vig et al. 1990, Karageorgiou und Pancherz*

1996, *Birkeland et al.* 1997, *Schmidt-Rogge* 2001). Im Gegensatz zu den genannten Studien ergab sich in vorliegender Untersuchung allerdings ein deutlich höherer Anteil an Patienten mit skelettaler Klasse III-Relation. Ursachen dafür könnten in einer höheren regionalen Prävalenz sowie in abweichenden Klassifikationskriterien zu suchen sein.

Innerhalb der prädefinierten Gruppen wurde zur weiteren Differenzierung jeweils eine Clusteranalyse anhand des kephalometrischen Variablensatzes durchgeführt und die Zahl der Cluster jeweils tentativ auf drei bestimmt.

Für die Patientengruppe mit neutraler Relation (n=84) ergaben sich zwei stark besetzte Cluster, die 96,4 % der Fälle abdeckten.

Sie unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Unterkieferneigung und des Interbasenwinkels, des (unteren) Gonionwinkels, des Gesamtgesichtswinkels, des Sellawinkels sowie der angulären Parameter der Inzisiveninklination und der dimensional Messungen. Diskriminanzanalytisch ließ sich durch eine Linearkombination von oberer vorderer Gesichtshöhe und Index, Inklination der Schneidezahnachsen, Gonionwinkel, Index und Abstand der unteren Inzisalkanten von der NB-Linie bei 94 % der Patienten die Cluster-einteilung korrekt reproduzieren.

Cluster Neutral-1 weist normodivergente bis hypodivergente vertikale Verhältnisse mit einem kleineren Gonionwinkel, eine orthognathe oder retrognathe Lage der Mandibula sowie eine starke Inklination der Inzisiven auf.

Dagegen zeigen die Patienten des Clusters Neutral–2 überwiegend einen skelettal offenen Biss, einen vergrößerten Kieferwinkel und Gesamtgesichtswinkel, einen verkleinerten Sellawinkel sowie eine geringere Frontzahninklination.

Für die Patientengruppe mit distaler Relation (n=84) bestanden signifikante Intercluster-Unterschiede beim ML-NSL- und ML-NL-Winkel, Gonion-, Gelenk- und Gesamtgesichtswinkel, 1-NA, dem anterioren Gesichtshöhenindex sowie der Fazialachse.

Die Klassifikation ließ sich in 90,5 % der Fälle anhand der Pogonionprominenz, des oberen Gonionwinkels, des Abstandes zwischen Inzisalkante und NA-Linie, der Unterkieferneigung und des anterioren Gesichtshöhenindex reproduzieren.

Die Patienten des Clusters Distal–1 weisen vertikal normodivergente bis hyperdivergente Verhältnisse, einen größeren oberen Gonionwinkel, einen kleineren Gelenkwinkel sowie einen großen Fazialachsenwinkel auf.

Dagegen zeichnet sich Cluster Distal–2 überwiegend durch eine stärkere Hyperdivergenz und einen skelettal offenen Biss, eine Vergrößerung von unterem Kieferwinkel und Gelenkwinkel sowie einen kleineren Fazialachsenwinkel aus.

Beide Clustern zeigen eine eher verringerte Schädelbasisknickung.

Für die Patientengruppe mit mesialer Relation (n=58) ergaben sich wiederum zwei stark besetzte Cluster, die 91,4 % der Fälle umfassten. Signifikante Unterschiede bestanden bei der Lage des Pogonions, des ML-NSL-, Gonion-, Gelenk-, Schädelbasis- und Gesamtgesichtswinkels, sowie okklusalen und dimensional Maßen. Diskriminanzanalytisch ließen sich 94,8 % der Patienten anhand des

Abstandes der Inzisalkanten von NA bzw. NB und 1-ML, der Pogonionprominenz sowie des Gonionwinkels reklassifizieren.

Der Cluster Mesial-1 ist aus Patienten mit skelettal neutralem bis offenem Biss, retro- bzw. orthognathem Gesichtstyp und stärkerer Kinnprominenz zusammengesetzt.

Der Cluster Mesial-2 umfasst nur fünf Patienten, bei denen die Mesiallage mit  $ANB = -3,9$  und  $ANB_{diff} = -8$  allerdings deutlich stärker ausgeprägt ist als in den übrigen Clustern. Außerdem liegen überdurchschnittliche Werte für den Gonionwinkel, die Inzisiveninklination sowie die dimensional Messungen vor.

In Cluster Mesial-3 finden sich zu fast 50% Patienten mit ausgeprägter mandibulärer Prognathie. Überwiegend bestehen neutrale oder tiefe skelettale Bissverhältnisse, eine geringere Kinnprominenz sowie ein vergrößerter Gelenkwinkel, aber ein verringerter Gonion-, Schädelbasis- und Gesamtgesichtswinkel.

Zur clusteranalytischen Differenzierung der skelettalen Klasse III liegen vereinzelte Studien vor (*Mackay et al. 1992, Hong und Yi 2001, Abu Alhaja und Richardson 2003, Bui et al. 2006*). Bei 50 mittelenglischen Schulkindern fanden *Mackay et al. (1992)* fünf Subgruppen, die sich im Wesentlichen durch den Grad der Unterkieferprognathie unterschieden. In einer koreanischen Studie ergaben sich bei 106 Erwachsenen mit unbehandelter skelettaler Klasse III anhand einer modifizierten Delaire-Analyse, die auch die Schädelkalotte sowie die Halswirbelsäule einschloss, sieben Cluster (*Hong und Yi 2001*). Neben der Prominenz von Unterkiefer und Kinn waren hier die Knickung der Schädelbasis und, damit assoziiert, das Rotationsmuster beim Kieferwachstum entscheidende differenzierende Merkmale.

*Abu-Alhaija und Richardson (2003)* unternahmen eine clusteranalytische Differenzierung von 115 Klasse III-Patienten im Durchschnittsalter von 11,6 Jahren mit dem Ziel einer Wachstumsprognose. Dabei konnten sie drei klinisch distinkte Cluster identifizieren: Der erste Cluster umfasste Patienten mit starker horizontaler Diskrepanz und prominenter Mandibula. Beide Kiefer waren ebenso vergrößert wie die hintere Gesichtshöhe und der Kieferwinkel, der Schädelbasiswinkel war verringert, das Weichteilprofil konkav. Der zweite Cluster zeigte insgesamt eine schwache Merkmalsausprägung. Die Maxilla war verkürzt und eher nach posterior inkliniert, die Gesamtgesichtshöhe und der Schädelbasiswinkel waren verringert. Der dritte Cluster repräsentierte den „Long-face-Typ“ mit retrudierter Maxilla. Der Unterkieferkörper war verlängert, zeigte jedoch ein vertikales Wachstumsmuster und nach posterior orientiert. Die gesamte Gesichtshöhe war signifikant vergrößert.

Die bislang umfangreichste Patientengruppe mit 309 Fällen im Alter zwischen 6 und 56 Jahren wurde neuerdings von *Bui et al. (2006)* untersucht. Etwa die Hälfte der Patienten verteilte sich auf zwei Cluster, die sich durch ein maxilläres Defizit in Kombination mit einer entweder vergrößerten oder verringerten Unterkieferneigung auszeichneten. Zwei weitere Cluster wiesen gemischte Konfigurationen mit mäßiger mandibulärer Prognathie auf, ein Cluster repräsentierte den „Long-face-Typus“ mit ausgeprägter Unterkieferprominenz.

In Anbetracht der gravierenden material- und methodenbedingten Unterschiede zwischen den genannten Studien – eine variable Anzahl extrahierter Cluster in Relation zur Fallzahl, unterschiedliche Altersverteilungen, Ausprägungsgrade der Fehlbildung und kephalometrische Parametersätze – verbietet sich allerdings ein Vergleich

der Clusterlösungen mit der vorliegenden Untersuchung. Erst die Verfügbarkeit methodisch äquivalenter Studien oder das Poolen einer weit größeren Anzahl von Untersuchungen könnte hier zu generalisierbaren Aussagen führen.

### **4.3 Harmoniecluster**

Der dritte Auswertungsansatz stützt sich auf das Konzept der „harmonischen Relationen“ nach *Hasund* und *Segner*. Zur clusteranalytischen Klassifikation der Patienten wurden hier die Variablen SNA, SNB, ML-NSL, NL-NSL und NSBa benutzt.

Die fünf Harmoniecluster unterschieden sich signifikant hinsichtlich des Gesichtstyps sowie der sagittalen und vertikalen Harmonie. Obwohl nahezu sämtliche Patienten als insgesamt „disharmonisch“ zu bewerten waren, ergaben sich signifikante Unterschiede bei der Ausprägung der Gesamtharmonie.

Die Haupt- und Subcluster lassen sich nach den zentralen Kriterien dieses Konzepts, also Gesichtstyp, sagittale und vertikale Harmonie sowie Gesamtharmonie, wie folgt charakterisieren. Zur Veranschaulichung werden wiederum prototypische Vertreter der einzelnen Cluster vorgestellt (Abb. 19-23).

Alle Subcluster des Harmonieclusters I zeigen in unterschiedlicher Ausprägung einen eher retrognathen Gesichtstyp sowie vertikale Normodivergenz mit posterior inklinierter Maxilla und Mandibula und tendenziell distale Verhältnisse. Die Gesamtharmonie ist sehr variabel ausgeprägt.

Subcluster I-1 weist einen disharmonischen, überwiegend retrognathen Gesichtstyp mit distaler Bisslage und einen ausgeprägt stumpfen Schädelbasiswinkel auf.

Subcluster I-2 zeigt ebenfalls einen disharmonischen, ausgeprägt retrognathen Gesichtstyp bei distaler bis neutraler Relation.

Demgegenüber ist Subcluster I-3 durch einen insgesamt eher harmonischen, retrognathen oder orthognathen Gesichtstyp mit ebenfalls distaler bis neutraler Basenrelation gekennzeichnet.

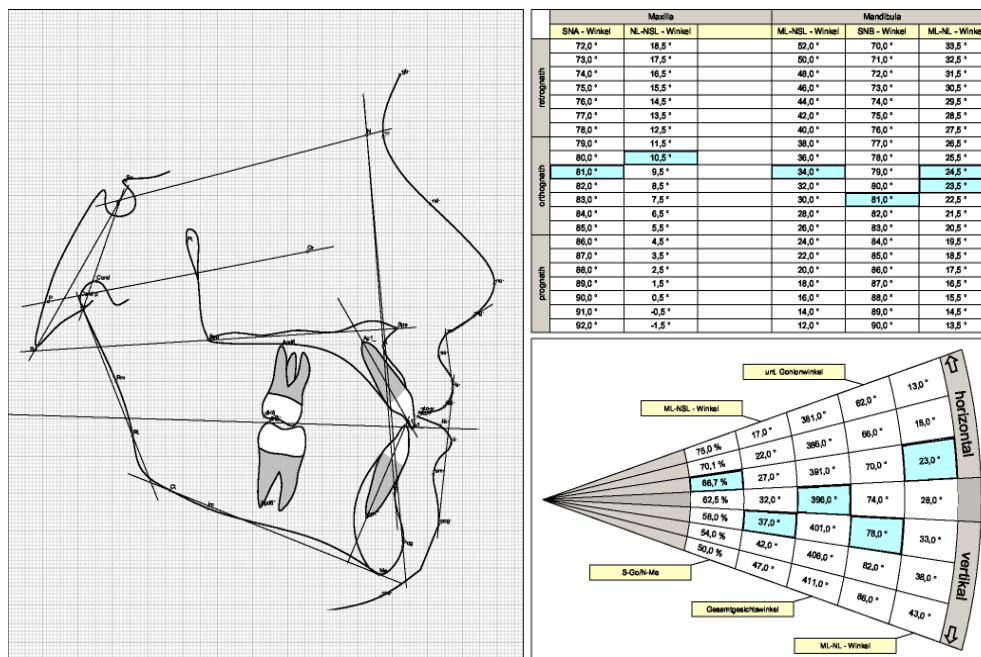


Abb. 19: Prototyp Cluster I [I-2] (S.M., ♀, 10,4 J.)

Die im Harmoniecluster II versammelten Patienten weisen im Mittel leicht disharmonische Gesichtsrelationen und Heterogenität hinsichtlich der sagittalen Bisslage auf. Der Schädelbasiswinkel ist relativ konsistent eher spitz.

Subcluster II-1 offenbart einen orthognathen Gesichtstyp mit häufig neutraler Bisslage (50%) und Normodivergenz mit anteriorer Inkliniation von Maxilla und Mandibula.

Bei Subcluster II-2 zeigt sich ein orthognather bis prognather Gesichtstyp mit meist neutraler oder mesialer Bisslage und vertikaler Normodivergenz oder Hyperdivergenz mit anteriorer Inkliniation der Maxilla und posteriorer Inkliniation der Mandibula.

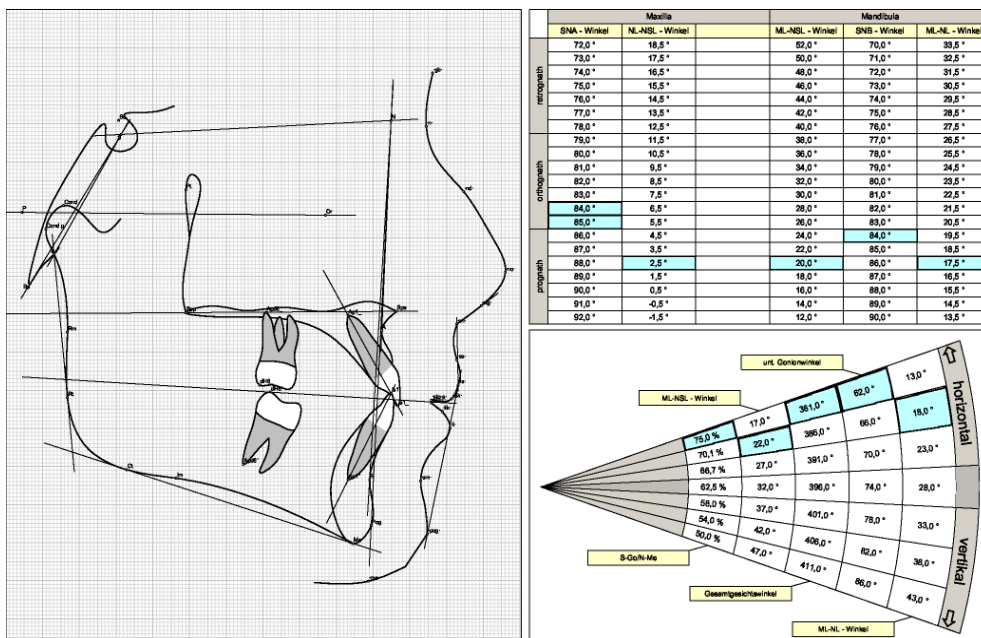


Abb. 20: Prototyp Cluster II [II-1] (T.A., ♂, 11,7 J.)

Die Patienten des Harmonieclusters III weisen einen retrognathen bzw. orthognathen Gesichtstyp mit disharmonischen Relationen, und distaler Bisslage sowie vertikaler Hyperdivergenz auf.

Patienten des Subcluster III-1 zeigen einen überwiegend retrognathen Gesichtstyp, eine anteriore Inklination der Maxilla und eine posterior inklinierte Mandibula sowie eine verminderte Knickung der Schädelbasis.

Subcluster III-2 ist überwiegend durch eine distale bis neutrale Bisslage sowie eine deutliche posteriore Inklination der Mandibula zu charakterisieren. Die Gesamtdisharmonie ist hier besonders stark ausgeprägt.

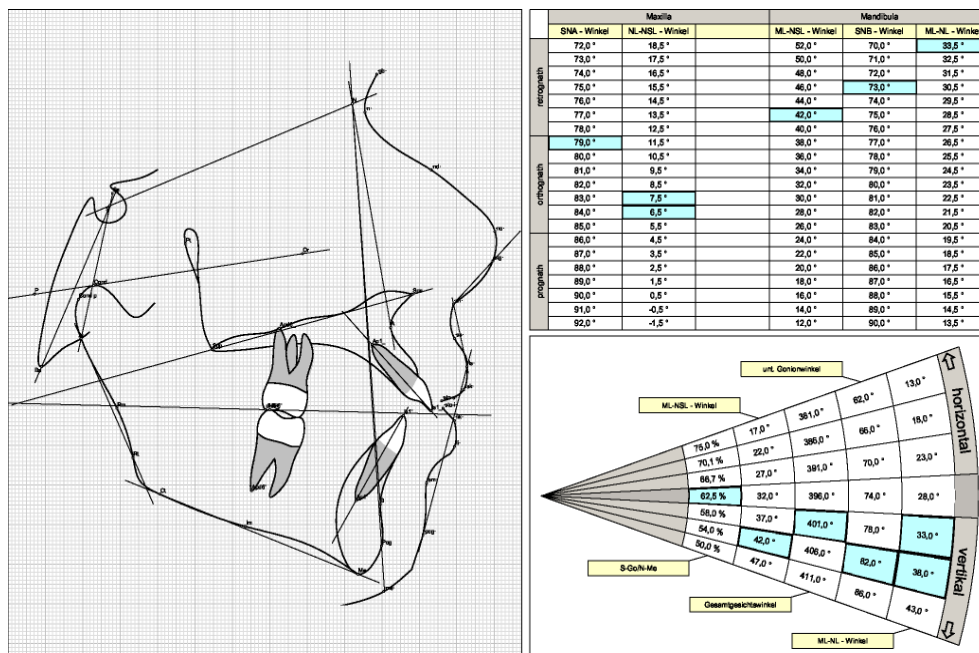


Abb. 21: Prototyp Cluster III [III-1] (P.K., ♂, 9,7 J.)

Die Fälle des Harmonieclusters IV zeigen jeweils eher harmonische Relationen, eine neutrale bis distale Bisslage sowie Normodivergenz in der Vertikalen. Dabei ist die Ausprägung der einzelnen Harmonieparameter sowie der Gesamtharmonie in den Subclustern signifikant unterschiedlich.

Der Subcluster IV-1 weist die höchste Gesamtharmonie auf und zeichnet sich durch einen orthognathen bis retrognathen Gesichtstyp aus, während in Subcluster IV-2 fast ausschließlich ein orthognather Gesichtstyp vorliegt.

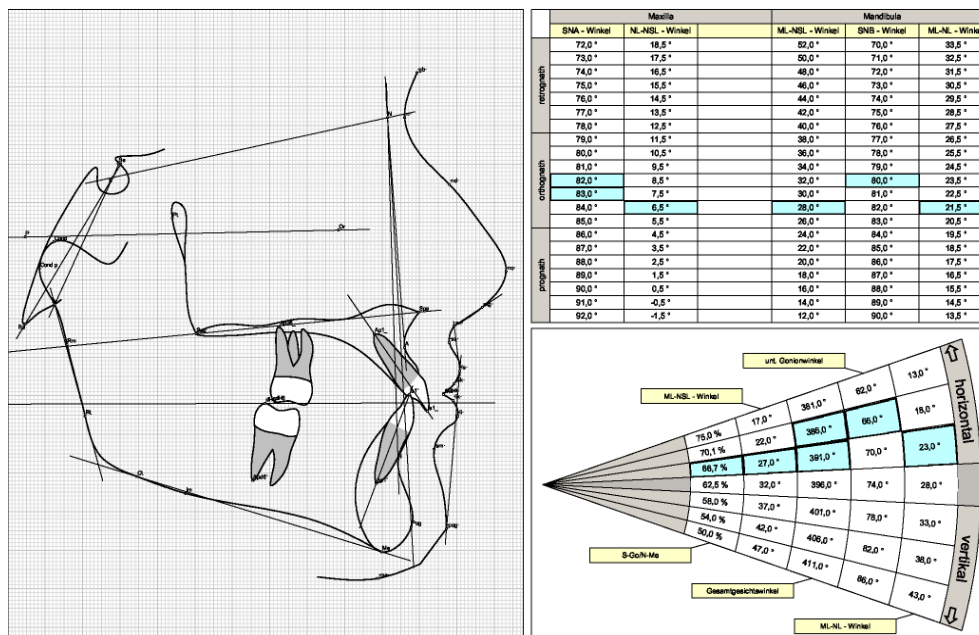


Abb. 22: Prototyp Cluster IV [IV-2] (K.B., ♀, 12,9 J.)

Die im Harmoniecluster V vereinten Patienten weisen im Mittel leicht disharmonische Gesichtsrelationen, weit überwiegend einen orthognathen Gesichtstyp mit distaler bis neutraler Bisslage sowie eine Tendenz zur vertikalen Hyperdivergenz mit anteriorer Inklination der Maxilla und posteriorer Inklination der Mandibula auf. Die Verteilungen sämtlicher Harmonievariablen mit Ausnahme von ML-NL sind in den beiden Subclustern unterschiedlich.

Während Patienten des Subclusters V-1 eine stärkere Tendenz zur Hyperdivergenz, einen spitzeren Schädelbasiswinkel und eine insgesamt ausgeprägtere Disharmonie aufweisen, zeigen die Patienten des Subclusters V-2 einen Neutralbiss bzw. eine Tendenz zum Distalbiss.

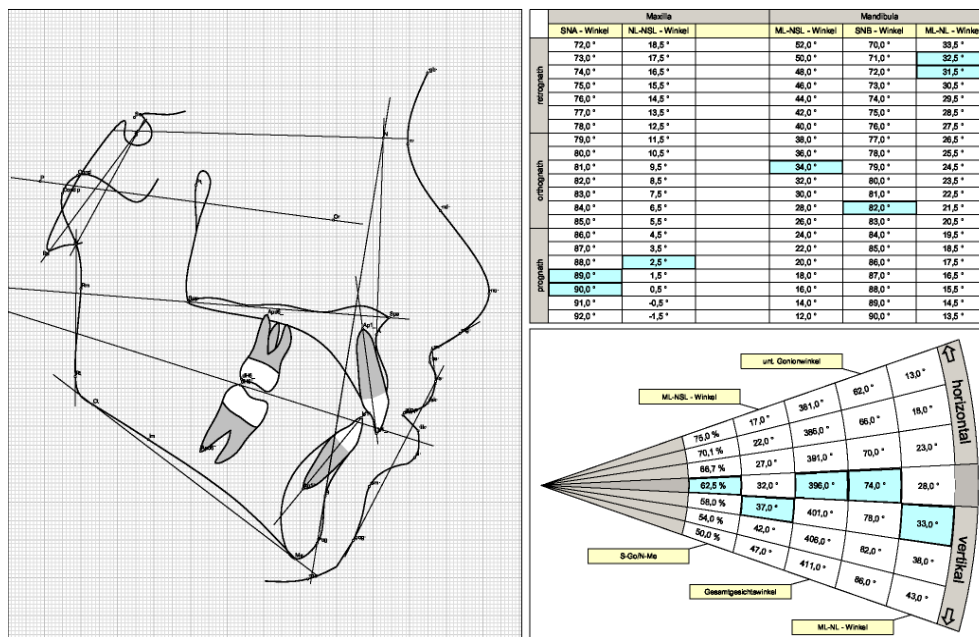


Abb. 23: Prototyp Cluster V [V-2] (J.A., ♀, 13,7 J.)

#### 4.4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Wie die gewonnenen Ergebnisse zeigen, lässt sich ein gegebenes Patientenkollektiv anhand unterschiedlicher multivariater Analyseansätze differenziert und teilweise übereinstimmend charakterisieren. Die Analysestrategien können sich durch den zugrunde liegenden Variablensatz, im vorliegenden Fall etwa den gesamten

kephalometrischen Parametersatz versus einen auf die „Harmonievariablen“ eingeschränkten Parametersatz, und/oder die A-priori-Bildung klinischer Gruppen, in diesem Fall eine fehlende Vorauswahl versus eine Einteilung nach sagittaler Basenrelation, unterscheiden.

Ziel der Analyse ist die Gewinnung einer begrenzten Zahl an Subgruppen, die möglichst invariant gegenüber der jeweiligen Analysestrategie und klinisch sinnvoll interpretierbar sind.

Der Differenzierungsgrad der Analysen ist je nach gewünschter Untersuchungsintention zu wählen. Dabei besteht ein inverses Verhältnis zwischen Sparsamkeit und Spezifitätsgrad der Klassifikationslösung.

Forschungsperspektivisch bieten sich multivariat-statistische Verfahren als Hilfsmittel an, um Patientengruppen mit spezifischen kraniofazialen Merkmalskombinationen zu differenzieren, die dann separat hinsichtlich ihrer Ätiopathogenese beurteilt werden können.

Außerdem können die Ergebnisse multivariat-statistischer Analysen dazu beitragen, die Validität etablierter klinischer Klassifikationen wie etwa der Angle-Klassen zu überprüfen.

Die klinische Utilität multivariat-statistischer Klassifikationen ist an ihrer Kompatibilität mit gesicherten nosologisch-theoretischen Konzepten sowie insbesondere ihrer entscheidungstheoretischen Relevanz, etwa im Hinblick auf die Wirksamkeit der mit bestimmten Clustern assoziierten Therapieentscheidungen, zu messen.

## 5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, einen Teil des aktuellen Patientenkollektivs der Poliklinik für Kieferorthopädie anhand der vorliegenden Fernröntgendaten vom Beginn der Behandlung mit Hilfe multivariat-statistischer Verfahren zu charakterisieren.

Als Datenbasis dienten die Fernröntgenunterlagen von insgesamt 259 Patienten, davon 55,6% weiblich und 44,4% männlich, mit einem durchschnittlichen Alter von  $15,5 \pm 7$  Jahren. Zur kephalometrischen Analyse diente eine an der Universität Greifswald angewandte modifizierte Bergen-Analyse nach *Hasund* und *Segner*.

Zur differenzierten multivariaten Charakterisierung des vorliegenden Patientenkollektivs wurden drei Auswertungsansätze gewählt:

1. Ansatz zur Typisierung des gewonnenen Patientenkollektivs anhand des gesamten kephalometrischen Parametersatzes ohne A-priori-Bildung separater Gruppen.

Dazu wurde zunächst eine Hauptkomponentenanalyse über die Ausgangsvariablen durchgeführt. Zehn Faktoren mit Eigenwerten  $> 1$  wurden extrahiert und orthogonal auf Einfachstruktur rotiert. Damit ließen sich etwa 85% der Gesamtvarianz des kephalometrischen Parametersatzes aufklären.

Danach wurden die Patienten anhand der Faktorscores mittels Clusteranalyse zu multidimensional homogenen Gruppen zusammengefasst. Im Ergebnis wurde eine 7-Clusterlösung identifiziert, die eine altersinvariante, signifikante Trennung nach sämtlichen kephalometrischen Parametern gewährleistete. Die einzelnen Cluster umfassen jeweils zwischen 10 und 53 Patienten.

Fünf der sieben Cluster sind durch eine vorwiegend disto-neutrale Basenrelation charakterisiert, die sich u.a. durch die vertikale Situation unterscheiden. In zwei Clustern waren Patienten mit skelettal offenem Biss stark vertreten, drei weitere Cluster waren durch normo- bzw. hypodivergente Verhältnisse geprägt. Ein Cluster zeigt sich hinsichtlich der sagittalen und vertikalen Basenrelation gemischt und zeichnet sich durch ausgeprägte Schneidezahninklination aus. In einem Cluster herrscht klar eine mesiale Situation bei Normo- bis Hypodivergenz in der Vertikalen vor.

Schließlich wurde mit Hilfe der schrittweisen Diskriminanzanalyse derjenige Parametersatz eruiert, der bei möglichst geringer Variablenzahl eine möglichst gute Reklassifikation der Clusterzugehörigkeit erlaubt. Mit einer Kombination aus 13 Variablen wurde eine Klassifikationsgüte von 88% erreicht.

2. Ansatz zur Binnendifferenzierung von Gruppen, die a priori anhand ihrer sagittalen Basenrelation ( $ANB_{diff}$ , WITS) als eindeutig „neutral“, „distal“ oder „mesial“ klassifiziert wurden (insgesamt 87,3 % der Patienten).

Die Fälle mit neutraler Relation (37,2%) weisen entweder normodivergente bis hypodivergente Verhältnisse mit einem kleineren Gonionwinkel, eine ortho- oder retrognathe Lage der Mandibula sowie eine starke Inklination der Inzisiven oder überwiegend einen skelettal offenen Biss, einen vergrößerten Kieferwinkel sowie eine geringere Frontzahninklination auf.

Die Fälle mit distaler Relation (37,2%) unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der Ausprägung der vertikalen Hyperdivergenz, des Fazialachsenwinkels sowie des Gonion- und Gelenkwinkel.

Bei den Patienten mit mesialer Relation (25,6%) bestehen Unterschiede vor allem hinsichtlich eines skelettal eher offenen versus tiefen Bisses, der Ausprägung der Kinnprominenz sowie des Grades der Schädelbasisknickung.

Die Gruppenzugehörigkeit konnte jeweils durch diskriminanzanalytische Variablenextraktion mit 90-95%-iger Genauigkeit reproduziert werden.

3. Ansatz zur Clusterbildung nach dem Konzept der „harmonischen Relationen“. Anhand von SNA, SNB, ML-NSL, NL-NSL und NSBa wurden fünf Hauptcluster mit insgesamt 11 Subclustern gebildet, die sich hinsichtlich des Gesichtstyps sowie der sagittalen und vertikalen Harmonie und des Ausmaßes der Gesamtharmonie unterscheiden.

Zwischen den sieben Clustern des ersten Ansatzes, fünf der nach sagittaler Relation gebildeten Cluster und acht der Harmonie-Subcluster konnten signifikante wechselseitige Überlappungen festgestellt werden.

Multivariate Analyseansätze können somit zu einer Differenzierung von Patientengruppen beitragen, die sich durch spezifische kraniofaziale Merkmalskombinationen auszeichnen. Trotz unterschiedlicher Analysestrategien lassen sich klinisch konvergente Gruppen identifizieren. Forschungsmethodisch stellen sie eine Heuristik zur Aufklärung widersprüchlicher ätiopathogenetischer Ergebnisse dar. Dagegen kann ihre klinische Utilität erst abgeschätzt werden, wenn die mit bestimmten Clustern assoziierten Therapieentscheidungen systematisch auf ihre Wirksamkeit überprüft werden.

## 6 Literatur

- Abu Alhaija, E.S., Richardson, A. (2003).  
Growth prediction in Class III patients using cluster and discriminant function analysis.  
Eur J Orthod 25: 599-608.
- Ahn, S.J., Baek, S.H., Kim, T.W., Nahm, D.S. (2006).  
Discrimination of internal derangement of temporomandibular joint by lateral cephalometric analysis.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 130: 331-339.
- Ahn, S.J., Kim, J.T., Nahm, D.S. (2001).  
Cephalometric markers to consider in the treatment of Class II Division 1 malocclusion with the bionator.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 119: 578-586.
- Albrecht, G.H. (1979).  
The study of biological versus statistical variation in multivariate morphometrics: The descriptive use of multiple regression analysis.  
Syst Zool 28: 338-344.
- Allanson, J.E., O'Hara, P., Farkas, L.G., Nair, R.C. (1993).  
Anthropometric craniofacial pattern profiles in Down syndrome.  
Am J Med Genet 47: 748-752.
- Altuna, G., Schmuth, G.P.F. (1974).  
Die Angle-Klassifikation unter dem Aspekt der Gesichtsschädel-Gebiß-Relation. Fortschr Kieferorthop 35: 153-162.
- Baccetti, T., McGill, J.S., Franchi, L., McNamara, J.A., Tollaro, I. (1998).  
Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy.  
Am J Orthod Dentofac Orthop 113: 333-343.
- Bai, D., Luo, S. (1997).  
A study of craniofacial type of skeletal anterior crossbite in juveniles.  
Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi 15: 129-131.
- Battagel, J.M. (1994).

- The identification of Class III malocclusions by discriminant analysis.  
Eur J Orthod 16: 71-80.
- Baumrind, S., Frantz, R.C. (1971).  
The reliability of head film measurements. 2. Conventional angular and linear measures.  
Am J Orthod 60: 505-517.
- Bhatia, S.N., Wright, G.W., Leighton, B.C. (1979).  
A proposed multivariate model for prediction of facial growth.  
Am J Orthod 75: 264–281.
- Birkeland, K., Furevik, J., Bøe, O.E., Wisth, P.J. (1997).  
Evaluation of treatment and post-treatment changes by the PAR Index.  
Eur J Orthod 19:279-288.
- Bui, C., King, T., Proffit, W., Frazier-Bowers, S. (2006).  
Phenotypic characterization of Class III patients.  
Angle Orthod 76: 564-569.
- Cleall, J.F., BeGole, E.A., Chebib, F.S. (1979).  
Craniofacial morphology: a principal component analysis.  
Am J Orthod 75: 650-666.
- Dibbets, J.M. (1996).  
Morphological associations between the Angle classes.  
Eur J Orthod 18: 111-118.
- Dibbets, J.M., Trotman, C.A., McNamara, J.A., Jr., van der Weele, L.T., Janosky, J.E. (1997).  
Multiple linear regression as an analytical tool in cephalometric studies.  
Br J Orthod 24: 61-66.
- Dicker, G., Van Spronsen, P., Van Schijndel, R., van Ginkel, F., Manoliu, R., Boom, H., Tuinzing, D.B. (2007).  
Adaptation of jaw closing muscles after surgical mandibular advancement procedures in different vertical craniofacial types.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 103: 475-482.

Enlow, D.H., Moyers, R.E., Hunter, W.S., McNamara, J.A. Jr. (1969).  
A procedure for the analysis of intrinsic facial form and growth. An  
equivalent-balance concept.  
Am J Orthod 56:6-23.

Espona, I.G., Gomez, J.T., Carmona, J.B. (1995).  
Cluster analysis application to Class I malocclusion.  
Eur J Orthod 17: 231-240.

Ferrario, V.F., Sforza, C., Miani, A., Poggio, C.E., Schmitz, J. (1992).  
Harmonic analysis and clustering of facial profiles.  
Int J Adult Orthodon Orthognath Surg 7: 171-179.

Ferrazzini, G. (1976).  
Critical evaluation of the ANB angle.  
Am J Orthod 69:620-626.

Fine, M.B., Lavelle, C.L. (1992).  
Diagnosis of skeletal form on the lateral cephalogram with a finite  
element-based expert system.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 101: 318-329.

Finkelstein, M., Lavelle, C.L., Hassard, T. (1989).  
The role of cluster analysis on traditional cephalometric dimensions.  
Angle Orthod 59: 97-106.

Finlay, J.A., Richardson, A. (1995).  
Outcome prediction in open bite cases.  
Eur J Orthod 17: 519-523.

Fischer-Brandies, H., Fischer-Brandies, E., König, A. (1985).  
A cephalometric comparison between Angle Class II, division 2  
malocclusion and normal occlusion in adults.  
Br J Orthod 12: 158-162.

Franchi, L., Baccetti, T., Tollaro, I. (1997).  
Predictive variables for the outcome of early functional treatment of  
Class III malocclusion.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 112: 80-86.

Franchi, L., Baccetti, T., McNamara, J.A. Jr. (1998).  
Cephalometric floating norms for North American adults.  
Angle Orthod 68: 497-502.

Gebauer, U. (1979).  
Verhalten des Winkels ANB als Maß der sagittalen Relation der Kieferbasen bei simulierter Lageänderung des Punktes N.  
Fortschr Kieferorthop 40: 304–315.

Gesch, D. (2000).  
Eine longitudinale Untersuchung über das Wachstum bei unbehandelten Kindern mit Angle-Klasse-II/1-Malokklusion.  
J Orofac Orthop 61: 20-33.

Gesch, D., Kirbschus, A., Gedrange, T. (2005).  
Do bivariate and multivariate cephalometric analyses lead to different results concerning the skeletal cause of postnormal occlusion?  
Funct Orthod 22(2): 6-13.

Gravelly, J., Benzies, P. (1974).  
The clinical significance of tracing error in cephalometry.  
Br J Orthod 1:95-101.

Hanihara, T. (1996).  
Comparison of craniofacial features of major human groups.  
Am J Phys Anthropol 99: 389-412.

Hasund, A., Böe, O. (1980).  
Floating norms as a guidance for the positioning of the lower incisors.  
Angle Orthod 50: 165-168.

Hasund, A., Böe, O., Jenatschke, F. (1974).  
Klinische Kephalmetrie für die Bergen-Technik.  
Bergen: Kieferorthopädische Abteilung des Zahnärztlichen Instituts der Universität Bergen.

Hirschfeld, W.J. (1972).  
A biomathematical approach to craniofacial form.  
Am J Orthod 62: 317-321.

Hirschfeld, W.J., Moyers, R.E., Enlow, D.H. (1973).  
A method of deriving subgroups of a population: a study of craniofacial taxonomy.  
Am J Phys Anthropol 39:279-290.

- Hong, S.X., Yi, C.K. (2001).  
A classification and characterization of skeletal class III malocclusion on etio-pathogenic basis.  
Int J Oral Maxillofac Surg 30: 264-271.
- Horowitz, S., Graf-Pinthus, B., Bettex, M., Vinkka, H., Gerstman, L. (1976).  
Factor analysis of craniofacial morphology in cleft lip and palate in man.  
Arch Oral Biol 21: 465-472.
- Horowitz, S., Graf, B., Bettex, M., Vinkka, H., Gerstman, L. (1980).  
Factor analysis of craniofacial morphology in complete bilateral cleft lip and palate.  
Cleft Palate J 17: 234-244.
- Houston, W.J. 1983.  
The analysis of errors in orthodontic measurements.  
Am J Orthod 83:382-390.
- Howells, W.W. (1969).  
Criteria for selection of osteometric dimensions.  
Am J Phys Anthropol 30: 451-458.
- Hsiao, T.H., Chang, H.P., Liu, K.M. (1996).  
Sex determination by discriminant function analysis of lateral radiographic cephalometry.  
J Forensic Sci 41: 792-795.
- Jacobson, A. (1975).  
The "Wits" appraisal of jaw disharmony.  
Am J Orthod 67: 125-138.
- Järvinen, S. (1984).  
Saddle angle and maxillary prognathism: a radiological analysis of the association between the NSAr and SNA angles.  
Br J Orthod 11: 209-213.
- Järvinen, S. (1986).  
Floating norms for the ANB angle as guidance for clinical considerations.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 90: 383-387.

Järvinen, S. (1988).  
Relation of the Wits appraisal to the ANB angle: a statistical appraisal.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 94: 432-435.

Järvinen, S. (1992).  
Evaluation of the correlation box (Segner) for characterization of the facial skeleton.  
Proc Finn Dent Soc 88(1-2): 39-48.

Jarabak, J.R., Fizzell, J.A. (1972).  
Technique and treatment with light-wire edgewise appliances.  
St. Louis, Mo.: Mosby.

Kaiser, C., Abt, K. (1996).  
Recognizing Ullrich-Turner syndrome by discriminant analysis of craniofacial structure.  
Am J Med Genet 62: 113-119.

Karageorgiou, N., Pancherz, H. (1996).  
Auswertung kieferorthopädischer Behandlungsergebnisse.  
Inf Orthod Kieferorthop 28:311-326.

Kasai, K., Richards, L.C., Kanazawa, E., Iwasawa, T. (1997).  
Cephalometric analysis of masseter muscle and dentoskeletal morphology in dentate and edentulous humans.  
J Nihon Univ Sch Dent 39:78-85.

Keeling, S.O., Riolo, M.L., Martin, R.E., Ten Have, T.R. (1989).  
A multivariate approach to analyzing the relation between occlusion and craniofacial morphology.  
Am J Orthod Dentofac Orthop 95: 297-305.

Kerr, W.J., Hirst, D. (1987).  
Craniofacial characteristics of subjects with normal and postnormal occlusions-a longitudinal study.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 92: 207-212.

Kim, J.Y., Lee, S.J., Kim, T.W., Nahm, D.S., Chang, Y.I. (2005).  
Classification of the skeletal variation in normal occlusion.  
Angle Orthod 75: 311-319.

- Klink-Heckmann, U. (1982).  
Schädelwachstumsmuster und kieferorthopädische Behandlung.  
Stomatol DDR 32: 653-659.
- Koch, R., Bartsch, A. (1996).  
Patterns and prediction of orthodontic treatment course.  
Eur J Orthod 18: 645-654.
- Koch, R., Bartsch, A. (1998).  
Vorschlag eines quantitativen Kennwertes für die harmonischen  
Relationen nach Segner.  
Kieferorthopädie 12: 327-334.
- Laino, A., Quaremba, G., Paduano, S., Stanzione, S. (2003).  
Prevalence of tooth-size discrepancy among different malocclusion  
groups.  
Prog Orthod 4: 37-44.
- Lambrechts, A.H., Harris, A.M., Rossouw, P.E., Stander, I. (1996).  
Dimensional differences in the craniofacial morphologies of groups  
with deep and shallow mandibular antegonial notching.  
Angle Orthod 66: 265-272.
- Lavelle, C.L. (1977).  
An analysis of the craniofacial complex in different occlusal  
categories.  
Am J Orthod 71: 574-582.
- Lavelle, C.L. (1985).  
An analysis of craniofacial form; the need for new analytic  
techniques.  
Anat Anz 160: 157-166.
- Lavelle, C.L. (1992).  
A preliminary study of craniofacial classification.  
Ann Anat 174: 561-567.
- Liebgott, B. (1977).  
Factors of human skeletal craniofacial morphology.  
Angle Orthod 47: 222-230.
- Lowe, A., Santamaria, J., Fleetham, J., Price, C. (1986).  
Facial morphology and obstructive sleep apnea.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 90: 484-491.

- Lu, Y.C., Tanne, K., Hirano, Y., Sakuda, M. (1993).  
Craniofacial morphology of adolescent mandibular prognathism.  
Angle Orthod 63: 277-282.
- Mackay, F., Jones, J.A., Thompson, R., Simpson, W. (1992).  
Craniofacial form in class III cases.  
Br J Orthod 19: 15-20.
- McIntyre, G.T., Mossey, P.A. (2002).  
Asymmetry of the parental craniofacial skeleton in orofacial clefting.  
J Orthod 29: 299-305.
- McIntyre, G.T., Mossey, P.A. (2004).  
Parental craniofacial morphology in orofacial clefting.  
Eur J Orthod 26: 375-384.
- McSherry, P.F., Richardson, A., Turner, J. (1997).  
Outcome prediction of the anterior open bite. Comparison of  
computer and clinician analysis of cephalograms.  
J Orofac Orthop 58: 262-269.
- Meyers, D.M. (1992).  
A multivariate analysis of the relations between craniofacial structure  
and occlusion with DiPaolo's quadrilateral measures.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 102: 52-61.
- Moon, Y.M., Ahn, S.J., Chang, Y.I. (2005).  
Cephalometric predictors of long-term stability in the early treatment  
of Class III malocclusion.  
Angle Orthod 75: 747-753.
- Moore, E.S., Ward, R.E., Escobar, L.F., Carlin, M.E. (2000).  
Heterogeneity in Wiedemann-Beckwith syndrome: anthropometric  
evidence.  
Am J Med Genet 90: 283-290.
- Moorrees, C. F. A. (1959)  
The dentition of the growing child.  
Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- Moss, M.L. 1983.  
Beyond roentgenographic cephalometry –what?  
Am J Orthod 84:77-79.

- Moyers, R.E., Bookstein, F.L. (1979).  
The inappropriateness of conventional cephalometrics.  
Am J Orthod 75: 599-617.
- Moyers, R.E., Riolo, M.L., Guire, K.E., Wainright, R.L., Bookstein, F.L. 1980.  
Differential diagnosis of class II malocclusions. Part 1. Facial types associated with class II malocclusions.  
Am J Orthod 78: 477-494.
- Muretic, Z., Sergl, H.G., Schmidt, J., Gazi-Coklica, V., Slaj, M. (1992).  
Morphological cephalometric differences between two European populations.  
Acta Med Croatica 46: 79-84.
- Nagahara, K., Murata, S., Nakamura, S., Tsuchiya, T. (2001).  
Prediction of the permanent dentition in deciduous anterior crossbite.  
Angle Orthod 71: 390-395.
- Nakasima, A., Ichinose, M. (1983).  
Characteristics of craniofacial structures of parents of children with cleft lip and/or palate.  
Am J Orthod 84: 140-146.
- Nakata, M., Yu, P., Nance, W.E. (1974).  
Multivariate analysis of craniofacial measurements in twin and family data.  
Am J Phys Anthropol 41: 423-429.
- Oemus, R. (1986).  
Die Anwendung der computerunterstützten Fernröntgen-Kephalometrie bei der diagnostischen Klassifikation von Patientendaten mittels multivariater Statistik.  
Leipzig: Diss. B, Univ. Leipzig.
- Panagiotidis, G., Witt, E. (1977).  
Der individualisierte ANB-Winkel.  
Fortschr Kieferorthop 38: 406-416.
- Patil, K.R., Mody, R.N. (2005).  
Determination of sex by discriminant function analysis and stature by regression analysis: a lateral cephalometric study.  
Forensic Sci Int 147: 175-180.

Reich, U., Dannhauer, K.-H. (1996).  
Zur kraniofazialen Morphologie kieferorthopädisch unbehandelter  
Patienten aus dem Raum Sachsen.  
Fortschr Kieferorthop 57: 246-258.

Sato, K., Saito, T., Mitani, H. (1990).  
Multivariate analysis for the study of craniofacial structure. Selection  
of parameters on using the principal component analysis.  
Nippon Kyosei Shika Gakkai Zasshi 49: 314-321.

Satoh, K., Wada, T., Tachimura, T., Sakoda, S., Shiba, R. (1998).  
A cephalometric study by multivariate analysis of growth of the bony  
nasopharynx in patients with clefts and non-cleft controls.  
J Craniomaxillofac Surg 26: 394-399.

Schmidt-Rogge N. (2001).  
Quantitative und qualitative Auswertung kieferorthopädischer  
Behandlungen.  
Berlin: Zahnmed. Diss. Humboldt-Universität

Schmuth G.P.F., Altuna G. (1971).  
Wie genau sind röntgenkephalometrische Befunde?  
Österr Z Stomatol 68: 370-381.

Schmuth, G.P.F., Kreisel, E.A. (1966).  
Sagittale Okklusionsanomalien und falsche Bißlagen in röntgen-  
kephalometrischer Sicht.  
Zahnärztl Welt 67: 640-645.

Schmuth, G.P.F., Chow, K., Drescher, D. (1988).  
Comparison of cephalometric mean values.  
Eur J Orthod 10:68-71.

Schopf. P. (1994).  
Curriculum Kieferorthopädie.  
Berlin: Quintessenz.

Schuster, G., Lux, C., Stellzig-Eisenhauer, A. (2003).  
Children with class III malocclusion: development of multivariate  
statistical models to predict future need for orthognathic surgery.  
Angle Orthod 73: 136-145.

- Segner, D. (1989).  
Floating norms as a means to describe individual skeletal patterns.  
Eur J Orthod 11: 214-220.
- Segner, D., Hasund, A. (1994).  
Individualisierte Kephalmetrie. 2. Aufl.  
Hamburg: Eigenverlag.
- Solow, B. (1966).  
The pattern of craniofacial associations; a. morphological and  
methodological correlation and factor analysis study on young adult  
males.  
Acta Odont. Scand 24 Suppl 46: 1-174.
- Steinhäuser, E., Janson, I. (1988).  
Kieferorthopädische Chirurgie Band 1, Grundlagen zur Behandlungs-  
planung und Behandlungsdurchführung.  
Berlin: Quintessenz.
- Suzuki, A., Takahama, Y. (1991).  
Parental data used to predict growth of craniofacial form.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 99: 107-121.
- Suzuki, A., Takenoshita, Y., Honda, Y., Matsuura, C. (1999).  
Dentocraniofacial morphology in parents of children with cleft lip  
and/or palate.  
Cleft Palate Craniofac J 36: 131-138.
- Tahmina, K., Tanaka, E., Tanne, K. (2000).  
Craniofacial morphology in orthodontically treated patients of class III  
malocclusion with stable and unstable treatment outcomes.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 117: 681-690.
- Tangugsorn, V., Krogstad, O., Espeland, L., Lyberg, T. (1999).  
Obstructive sleep apnea: a principal component analysis.  
Int J Adult Orthodon Orthognath Surg 14:215-228.
- Throckmorton, G.S., Buschang, P.H., Ellis, E (1999).  
Morphologic and biomechanical determinants in the selection of  
orthognathic surgery procedures.  
J Oral Maxillofac Surg 57:1044-1056.

- Tollaro, I., Baccetti, T., Franchi, L. (1996).  
Craniofacial changes induced by early functional treatment of Class III malocclusion.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 109: 310-318.
- Tsuchiya, M., Lowe, A.A., Pae, E.K., Fleetham, J.A. (1992).  
Obstructive sleep apnea subtypes by cluster analysis.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 101: 533-542.
- Veleminska, J. (2000).  
Analysis of intracranial relations in patients with unilateral cleft lip and palate using cluster and factor analysis.  
Acta Chir Plast 42: 27-36.
- Veleminska, J., Mullerova, Z. (2001).  
Development of intracranial relations in patients aged 10 to 18 years with clefts of the lip and palate, using cluster analysis.  
Acta Chir Plast 43: 137-142.
- Velly, A., Philippe, P., Gornitsky, M. (2002).  
Heterogeneity of temporomandibular disorders: cluster and case-control analyses.  
J Oral Rehabil 29: 969-979.
- Vig, P., Weintraub, J., Brown, C., Kowalski, C. (1990)  
The duration of orthodontic treatment with and without extractions: a pilot study of five selected practices.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop 97: 45-51.
- Ward, R. Bixler, D., Raywood, E. (1989).  
A study of cephalometric features in cleft lip-cleft palate families. I: Phenotypic heterogeneity and genetic predisposition in parents of sporadic cases.  
Cleft Palate J 26: 318-325.
- Wells, A.P., Sarver, D.M., Proffit, W.R. (2006).  
Long-term efficacy of reverse pull headgear therapy.  
Angle Orthod 76: 915-922.
- Wong, T., Lavelle, C.L., Backman, D. (1989).  
An evaluation of conventional cephalometric appraisals.  
Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol 32: 239-245.

Yanagita, K., Nonaka, K., Nakata, M. (1992).  
Genetic study of the craniofacial growth in male rats by factor scores.  
J Craniofac Genet Dev Biol 12:13-21.

Yoshida, I., Yamaguchi, N., Mizoguchi, I. (2006).  
Prediction of post-treatment outcome after combined treatment with  
maxillary protraction and chin cap appliances.  
Eur J Orthod 28: 89-96.

Zou, B., Zeng, X., Tseng, J.Y. (2001).  
A classification of anterior open bite.  
Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi 36: 61-63.

## **Lebenslauf**

Name : Reiner Reinhold Franke  
Geburtsdatum : 28.September 1968  
Geburtsort : Wertheim/Main  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand : ledig  
Eltern : Kaufmann Reiner Franke, † 2004  
Lieselotte Franke, geb. Haas

### Schulbildung

1975-1985 : Verbandschule Kreuzwertheim  
1985-1987 : Wirtschaftsschule Wertheim (Realschulabschluß)  
1992-1995 : Wirtschaftsgymnasium Wertheim (Allg.  
Hochschulreife)

### Berufsausbildung

1989-1992 : Ausbildung zum Werkzeugmechaniker  
(Fachrichtung Formentchnik)

### Grundwehrdienst

1988-1989 : Soldat als Richtkreiskanonier in Tauberbischofsheim  
im Panzerartilleriebataillon 121

### Studium

Okt. 1995-Mai 1998: Betriebswirtschaft an der Univ./FH Würzburg  
Mai 1998-Nov.2004: Zahnmedizin an der Bayer. Julius-Maximilians-  
Univ. Würzburg  
02.Dezember 2004: Approbation als Zahnarzt (Reg. von Unterfranken)

### Berufstätigkeit

Wiss. Mitarbeiter der Poliklinik für Kieferorthopädie  
der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.- Doz. Dr. Dr. P. Chr. Proff für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas sowie die umfassende fachliche Begleitung der Arbeit und seine stetige Hilfsbereitschaft und Unterstützung.

Weiterhin danke ich Herrn Prof. Dr. T. Gedrange sehr herzlich für die persönliche und berufliche Förderung und die Erlaubnis, auf die Patientenunterlagen der Poliklinik für Kieferorthopädie zugreifen zu dürfen.

Herrn Prof. Dr. J. Fanghänel danke ich für zahlreiche Anregungen und die Motivation für die Bearbeitung eines klinisch-morphologischen Themas.

# **Thesen**

zur Dissertation:

**Kephalometrische Charakterisierung eines kieferorthopädischen  
Patientenkollektivs anhand multivariat-statistischer Analysen**

vorgelegt von:

Reiner Franke,

geb. am 28.09.1968 in Wertheim

1. Die Anwendung multivariat-statistischer Analysen gewinnt innerhalb des forschungsmethodischen Inventars der kraniofazialen Biologie und Kieferorthopädie zunehmend an Bedeutung.
2. Das Konzept der „harmonischen Relationen“ als multivariat basiertes Konzept zur Individualisierung kephalometrischer Normwerte hat bereits breiten Einzug in die Fernröntgen-diagnostik gehalten.
3. Zur Identifikation deskriptiver kephalometrischer Grunddimensionen ist die explorative Faktorenanalyse die Methode der Wahl.
4. Zur Differenzierung von Patientenkollektiven in mehrdimensional homogene Untergruppen ist die Clusteranalyse die Klassifikationsmethode der Wahl.
5. Zur (ökonomischen) Vorhersage der Zugehörigkeit zu diskreten klinischen Kategorien (wie nosologische Klassen, Therapieerfolg) ist die (schrittweise) Diskriminanzanalyse die Methode der Wahl.
6. Ein gegebenes Patientenkollektiv lässt sich anhand unterschiedlicher Analyseansätze differenziert charakterisieren. Diese können sich durch den zugrunde liegenden Variablen-satz (z.B. gesamter kephalometrischer Parametersatz versus eingeschränkter Parametersatz wie Harmonievariablen) und/oder die A-priori-Bildung klinischer Gruppen (z.B. keine Vorauswahl versus Einteilung nach sagittaler Basenrelation) unterscheiden.

7. Der Differenzierungsgrad der Analysen ist je nach gewünschter Untersuchungsintention zu wählen. Dabei besteht ein inverses Verhältnis zwischen Sparsamkeit und Spezifität.
8. Ein Patientenkollektiv lässt sich anhand unterschiedlicher Analyseansätze durch eine begrenzte Zahl an Subgruppen konvergent und klinisch interpretierbar charakterisieren.
9. Forschungsperspektivisch bieten sich multivariat-statistische Verfahren als Hilfsmittel an, um Patientengruppen mit spezifischen kraniofazialen Merkmalskombinationen zu differenzieren, die dann separat hinsichtlich ihrer Ätiopathogenese beurteilt werden können.
10. Die Ergebnisse multivariat-statistischer Analysen können dazu beitragen, die Validität auch etablierter klinischer Klassifikationen (z.B. Angle-Klassifikation) zu überprüfen.
11. Die klinische Utilität multivariat-statistischer Klassifikationen ist an ihrer Kompatibilität mit gesicherten nosologisch-theoretischen Konzepten sowie insbesondere ihrer entscheidungstheoretischen Relevanz (z.B. Wirksamkeit der mit bestimmten Clustern assoziierten Therapieentscheidungen) zu messen.