Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
(Direktorin: Prof. Dr. med. dent. habil. Franka Stahl de Castrillon)
der Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde „Hans Moral“
der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

Langzeitstudie über das Gesichtsschädelwachstum bei männlichen Patienten mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten vom prä- bis zum postpuberalen Stadium

Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von
Juliane Christine Neubert
geboren am 07.10.1976 in Berlin-Buch

Rostock, 2012

urn:nbn:de:gbv:28-diss2014-0038-8

Dekan: Prof. Dr. med. Emil Christian Reisinger

1. Gutachter: Prof. em. Dr. med. dent. Rosemarie Grabowski
Poliklinik für Kieferorthopädie, Universität Rostock
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Peter Proff
Poliklinik für Kieferorthopädie, Universität Regensburg
3. Gutachter: PD Dr. med. Tino Just
Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Universität Rostock

Datum der Einreichung: 20.04.2012
Datum der Disputation: 09.10.2012

Meinen Eltern und meinem Bruder gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Aufgabenstellung 1

2 Literaturübersicht 6

2.1 Inzidenz der Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten 6

2.2 Assoziierte Fehlbildungen (allgemeinmedizinisch, syndromal, dental) 7

2.3 Gesichtsschädelwachstum unter regelrechten Bedingungen 9

2.4 Gesichtsschädelwachstum unter den Bedingungen einer bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte 13

2.5 Das Rostocker interdisziplinäre Betreuungskonzept 17

3 Probanden und Methode 18

3.1 Probandenauswahl 18

3.2 Aufnahmetechnik und verwendete Software 20

3.2.1 Kephalometrische Analyse 21

3.2.2 Tensoranalyse 27

3.2.3 Visuelle Analyse 31

3.3 Statistische Analyse 33

3.4 Methodenfehlerbetrachtung 33

4 Ergebnisse 34

4.1 Ergebnisse der Fehleranalyse 34

4.2 Ergebnisse der kephalometrischen Analyse 35

4.3 Ergebnisse der Tensoranalyse 48

4.4 Ergebnisse der Visualisierung 56

5 Diskussion 76

6 Zusammenfassung 88

7 Literaturverzeichnis 92

8 Anhang I

Danksagung

Eidesstattliche Erklärung

Thesen

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten gehören mit der Inzidenz von 1:1000 weltweit zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen im Orofazialbereich (Schutte und Murray 1999, Sperber et al. 2010). Ihre Inzidenz ist in Europa und speziell in Deutschland mit einem Neugeborenen auf 500-700 Geburten sogar noch häufiger (Opitz 2002) und variiert insgesamt im kaukasischen Raum zwischen 0,7 und 2,4‰ (Andrä et al. 1988). Für den Rostocker Raum ermittelte Neumann (1985) zwischen 1974-1983 eine Spaltfrequenz von 1:641.

Die Ursachen der Entstehung von Spaltbildungen im Mund-, Kiefer-, Gesichtsbereich sind vielfältig. Neben epigenetischen und äußeren Faktoren, wie mütterlichem Alkoholabusus (Romitti et al. 1999), Erkrankungen der Mutter und Einnahme von Medikamenten (Krapels et al. 2004) während der Schwangerschaft oder nahrungsbedingter Vitaminmangel der Mutter, insbesondere von Vitamin B6 und Vitamin B12, Folsäure (Weingärtner et al. 2002), sind embryonale Hypoxie (Wyszynski und Duffy 1997) und intrauterine Entwicklungsfaktoren in Kombination mit genetischen Faktoren (Prescott et al. 2001) beschrieben worden. Aber auch spezifische Gendefekte werden mit der Entwicklung einer Spaltbildung im Orofazialbereich assoziiert. Bis heute sind mehr als 260 Gene identifiziert worden, die syndromal oder nichtsyndromal mit orofazialen Spaltbildungen verknüpft sind (Gene cards V3, www.genecards.org). Als Beispiele gelten P63 für das EEC-Syndrom (ectrodactyly-ectodermal-dysplasia-cleft-lip/palate syndrome), MSX1 für die Oligodontie, TBX22 für die X-chromosomale Pierre-Robin-Sequenz und IRF6 für das Van der Woude Syndrom (Bartzela 2011).

Die Spaltbildung tritt entweder als isolierte kongenitale Anomalie auf oder ist mit anderen Fehlbildungen syndromal oder nichtsyndromal assoziiert. Milerad et al. (1997) fanden in 35% der untersuchten bilateralen totalen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten eine oder mehrere assoziierte Fehlbildungen. Magdalenić-Mestrović und Bagatin (2005) diagnostizierten bei 24,4% von 903 Patienten mit orofazialen Spaltbildungen ein Syndrom. Am Medizinischen Zentrum der Radboud Universität Nijmegen wurden bei totalen bilateralen Spaltbildungen nur in 9% der Fälle Syndrome festgestellt (Bartzela 2011).
Die totale bilaterale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte stellt unten den Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten die schwerste Fehlbildung dar und ist aufgrund der

ästhetischen und funktionellen Einschränkungen im Orofazialbereich mit einer langwierigen und kostenintensiven Behandlung verbunden.
Die Ziele der interdisziplinären Therapie sind die Wiederherstellung der oralen Funktionsmuster im Säuglings- und Kleinkindalter und das Erreichen einer guten Ästhetik über die Kindheit bis ins Erwachsenenalter (Gnoinski und Rutz 2009). Da bei den Neugeborenen mit Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten wegen der fehlenden Trennung von Mund- und Nasenraum strukturelle und funktionelle Nachteile bei der Entwicklung physiologischer neuromuskulärer Funktionsmuster vorliegen, sind vor allem das Saugen und damit die Nahrungsaufnahme, die Atmung und in der späteren Entwicklung auch die Lautbildung und das Sprechen stark eingeschränkt. Deshalb sind unterschiedlichste medizinische und zahnmedizinische Fachdisziplinen, unter anderem die Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, die Neonatologie, die Pädiatrie, die Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, die Genetik, die Kieferorthopädie, die Kinderzahnheilkunde, die Prothetik und die Logopädie an der Rehabilitation der Patienten beteiligt.

Neben den genannten funktionellen Einschränkungen liegen bei diesen Patienten dentofaziale Anomalien, wie Abweichungen von der Zahnzahl in Form von Aplasie, Hypo- oder Hyperplasie von Zähnen und Abweichungen vom regelrechten Gesichtsschädelwachstum, vor (Stahl et al. 2006, Wigger 1996). Im Vergleich zu den Patienten mit unilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten oder den Patienten mit isolierten Gaumen- und Lippenspalten ist das Ausmaß der funktionellen, strukturellen und ästhetischen Beeinträchtigung bei den bilateralen Spaltbildungen erheblich größer. Dies äußert sich vor allem im stärkeren transversalen und vertikalen Defizit im Oberkieferbereich. Durch die ausgebliebene Verschmelzung der beiden lateralen Oberkieferwülste mit den medialen Nasenwülsten bestehen zudem größere knöcherne und weichgewebsspezifische Defizite, welche die Entwicklung und Persistenz von orofazialen Dysfunktionen, wie der offenen Mundhaltung, der unphysiologischen Zungenruhelage und dem viszeralen Schluckmuster, fördern (Dieckmann 1979, Fränkel 1967, Grabowski 1984). Diese Umstände erschweren die ohnehin schon langfristige, komplexe und interdisziplinäre Betreuung dieser Patienten und bedürfen umfassender Kenntnisse über die orofazialen Funktionen und das Gesichtsschädelwachstum, um Wachstumsprozesse im Mittelgesichts- und Unterkieferbereich therapeutisch günstig zu beeinflussen. Auch die Vorhersage der Effektivität spezifischer kieferorthopädischer Behandlungsapparaturen, die bei diesen Patienten zum Einsatz kommen, ist eng daran gebunden.

Die bisherigen Schwierigkeiten bei der Interpretation von Ergebnissen aus Wachstumsstudien von Patienten mit bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte ergeben sich aus den unterschiedlichen Studiendesigns, der großen Heterogenität des Patientenmaterials, den zum Teil nur kurzen Beobachtungszeiträumen und den kleinen Patientengruppen, die untersucht wurden (Gnoinski und Rutz 2009). Auch das Fehlen eines einheitlichen Behandlungsprotokolls und die damit verbundene Vielzahl der Behandlungsansätze bei diesen Patienten haben einen Einfluss auf die Therapieergebnisse und erschweren den Vergleich zwischen den publizierten Studien. Dennoch besteht der Bedarf unterschiedliche Behandlungsprotokolle und deren Ergebnisse zu vergleichen, um dem Anspruch dieser Patienten auf optimale Betreuung gerecht zu werden.

Um langfristige therapeutische Konsequenzen für die Behandlung dieser Patienten zu ermitteln, sind vor allem Längsschnittstudien mit unbehandelten Probanden als Kontrollgruppe geeignet. Dabei liegt es in der Natur der Sache, dass Langzeitergebnisse von Patienten mit bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten erst nach dem Wachstumsabschluss beurteilt werden können, da erst dann die therapeutischen Interventionen abgeschlossen sind. An der Universität Rostock gibt es seit 1967 ein Zentrum für die Rehabilitation von Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten, welches sich der Langzeitbetreuung dieser Patienten widmet und über Längsschnittdaten verfügt. Die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, diese Längsschnittdaten von Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte bezüglich des Gesichtsschädelwachstums und der Gesichtsmorphologie auszuwerten, um daraus Schlussfolgerungen für das zukünftige Betreuungskonzept dieser Patienten zu liefern. Das bisherige Betreuungskonzept des Rostocker Spaltzentrums soll dabei kritisch hinterfragt werden und mit den Ergebnissen anderer Spaltzentren verglichen werden. Um die Untersuchungsgruppe mit einer Kontrollgruppe zu vergleichen, wurden unbehandelte Probanden aus der *Rostocker Wachstumsstudie* der Universität Rostock ausgewählt (Stahl 2007). Diese wurden mit den Patienten der Untersuchungsgruppe bezüglich ihrer skelettalen Reife und ihres Geschlechts gematcht.

Die bis heute bevorzugte Methode zur Analyse des Wachstums und der Morphologie des Gesichtsschädels in der Praxis ist die metrische Kephalometrie. Sie benutzt Strecken und Winkel, um Wachstumsprozesse und morphologische Eigenschaften des Gesichtsschädels in Bezug zu Referenzstrukturen zu beurteilen. Die Limitationen der kephalometrischen Analyse liegen in der Verwendung von nicht wachstumsstabilen

Referenzstrukturen, die es nicht ermöglichen, Wachstumsprozesse innerhalb spezifischer Bereiche isoliert zu erfassen. Zudem kann durch das metrische Erfassen von Strecken und Winkeln wenig auf die individuellen Größenunterschiede der Probanden eingegangen werden. Um diese Defizite auszugleichen, soll in der vorliegenden Arbeit die Tensoranalyse (Bookstein 1982, Stahl 2007) als zweite Analysemethode zur Anwendung kommen. Mit ihrer Hilfe sind Wachstumsveränderungen in spezifischen Bereichen des Gesichtsschädels unabhängig von Referenzsystemen in Ausmaß und Richtung darstell- und berechenbar. Zudem werden Auswirkungen von individuellen Größenunterschieden der Probanden durch die Angabe von relativen Wachstumsveränderungen umgangen.
Auch die Tensoranalyse ist nicht in der Lage individuelle Unterschiede zwischen den Patienten zu erfassen und Korrelationen zwischen den ausgewerteten Parametern auf einen Blick sichtbar zu machen. Dies verlangt die Anwendung weiterer differenzierender Methoden, die leicht zu handhaben sind und die Interpretation großer Datenmengen, wie der Wachstumsdaten, ermöglichen. Die vorliegende Studie nutzt deshalb die Vorteile der *Rostocker Visuellen Analyse* (ROVA), die in der Habilitationsschrift von Stahl (2007) erstmalig vorgestellt wurde. Die visuelle Analyse ermöglicht die vollständige und verlustfreie Darstellung komplexer Datenmengen von einzelnen Patienten und von Patientengruppen. Individuelle Unterschiede zwischen den Patienten vor und nach der Therapie sind damit sofort für den Untersucher sichtbar. Im Gruppenvergleich sind Korrelationen zwischen komplexen multivarianten Datenmengen unverzüglich registrierbar. Die Interpretation der Ergebnisse wird somit erleichtert. Zudem lässt die *Rostocker Visuelle Analyse* die Gruppierung der Patienten nach beliebig vielen Variablen zu. Dabei können bspw. automatische Klassifikationsmechanismen verwendet werden, welche die Patienten nach Ähnlichkeitsmerkmalen in „sehr ähnliche“, „ähnliche“ und „unähnliche“ einteilen. Dadurch sind z.B. Therapieeffekte in einer Patientengruppe mit sehr ähnlichem und weniger ähnlichem Gesichtsschädelaufbau identifizierbar.

Die Aufgabenstellung der vorliegenden Arbeit lässt sich somit in folgende Teilaufgaben zusammenfassen:

1. Anwendung der konventionellen kephalometrischen Analyse zur Analyse des Gesichtsschädelwachstums und der Gesichtsmorphologie vom prä- bis zum postpuberalen Wachstumsstadium bei Patienten mit nichtsyndromaler totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte im Vergleich zu einer Gruppe unbehandelter Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung

2. Analyse longitudinaler Wachstumsveränderungen in spezifischen Bereichen des Gesichtsschädels mittels Tensoranalyse bei Patienten mit nichtsyndromaler totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte im Vergleich zu einer Gruppe unbehandelter Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung

3. Verwendung der visuellen Datenanalyse zur Analyse von individuellen Unterschieden des Gesichtsschädelwachstums von Spaltträgern und Nichtspaltträgern

4. Vergleich der Ergebnisse aller drei Methoden mit den Ergebnissen anderer Rehabilitationszentren, um Schlussfolgerungen für das zukünftige Rostocker Betreuungskonzept bei Patienten mit nichtsyndromaler totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte zu ziehen

2 Literaturübersicht

2.1 Inzidenz der Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten

Mit einer weltweiten Inzidenz von 1:1000 gehören die Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten (Schutte und Murray 1999, Sperber et al. 2010) neben dem Klumpfuß mit einer Inzidenz von 1:400 (Kyzer und Stark 1995) und der angeborenen Hüftgelenksluxation mit einer Inzidenz von 1:200 (Bialik et al. 1999) zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen.

In Deutschland sind die orofazialen Spaltbildungen mit einem Neugeborenen auf 500-700 angegeben (Opitz 2002). Neumann (1985) ermittelte für den Zeitraum 1974-1983 in Rostock eine Spaltfrequenz von 1:641 und Andrä et al. (1988) bestätigen die Häufigkeitsverteilung für Mecklenburg-Vorpommern von 1:652 unter den Lebendgeborenen. Für die Niederlande berichtet Vanderas (1987) von einer Häufigkeit von 1,38 – 1,77‰. Weltweit betrachtet bestehen große Unterschiede in den Inzidenzraten. Im Nahen Osten liegt die Inzidenz bei 1,31 – 3,18 / 1000 Geburten, bei den Afroamerikanern 0,18 – 0,82‰ und bei den Mongolen und amerikanischen Indianern kommt es am häufigsten zu Spaltbildungen mit einer Verteilung von 0,55 - 2,50 auf 1000 Lebendgeburten (Gundlach und Maus 2006).

Für Deutschland wird die Häufigkeit der unterschiedlichen Spaltformen von mehreren Autoren beschrieben (Gabka 1964, Pfeifer et al. 1981, Neumann 1986 und 1994).

Neumann (1994) untersuchte 1615 Patienten, von denen 26,2% eine Lippen(Kiefer)-Spalte, 22,95% eine isolierte Gaumen-, Segelspalte und 48,84% eine totale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte aufwiesen. Von den 565 Patienten mit einer totalen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte hatten 66,5% (377 Patienten) eine unilaterale und 33,5% (188 Patienten) eine bilaterale Spalte. Das entspricht einem Verhältnis von 2:1.

Eine Studie aus den Niederlanden typisierte 3512 Spaltkinder, von denen 28% eine Lippen(Kiefer)-Spalte, 33% eine isolierte Gaumen-, Segelspalte und 39% eine totale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte zeigen (Luijsterburg und Vermeij-Keers 2011).

Laut dem Review von Gundlach und Maus (2006) kommen bilaterale Spalten (inkomplette und totale) weltweit zu 24% vor. Aus dem Patientengut von Neumann (1994) ergibt sich eine 11,6%ige Häufigkeit des Auftretens einer totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte. Bartzela (2011) berichtet von einem 7%igen Vorkommen in Norwegen (Sivertsen et al. 2008) und von einer 4%igen

Häufung im Medizinischen Zentrum der Universität Oklahoma im Untersuchungszeitraum September 1963 bis März 1964 (Pannbacker 1968).
Bei den unilateralen Spaltbildungen gibt es ein doppelt so häufiges Auftreten der linken Gesichtsseite im Vergleich zur rechten Seite. Hinsichtlich der Häufigkeit der Verteilung auf die Geschlechter ergibt sich ein fast doppelt so häufiges Auftreten bei männlichen als bei weiblichen Patienten (Shapira et al. 1999).

2.2 Assoziierte Fehlbildungen (allgemeinmedizinisch, syndromal, dental)

Bei den Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten sind Schätzungen zufolge lediglich 5% durch genetische Ursachen ausgelöst und die Mehrheit von 95% durch ein multifaktorielles Geschehen verursacht (Weingärtner et al. 2002). Sie können als isolierte kongenitale Fehlbildung oder assoziiert mit anderen Fehlbildungen auftreten.

Rollnick und Pruzansky (1981) fanden bei 44% der Spaltpatienten assoziierte Fehlbildungen und gleiches konnten Shprintzen et al. (1985) sogar bei 63,5% seinen untersuchten Patienten diagnostizieren.
Bartzela (2011) verweist auf eine Studie von Kouwenberg et al. (2010), in der 133 Patienten mit bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Spalten hinsichtlich zusätzlicher Malformationen untersucht wurden. Bei 31 Patienten (23%) tritt nur eine Fehlbildung auf, 33 Patienten (25%) haben verschiedene Fehlbildungen, die meisten Fehlbildungen betreffen das Gesicht (14,3%), danach sind das Urogenitalsystem 10,5%, die Extremitäten 9%, das Herz 8,3% betroffen. Bei 12 Patienten ist nur ein Syndrom diagnostiziert worden.
Syndromatische Spalten im Lippen-, Kiefer-, Gaumenbereich sind meist mit weiteren fazialen, kraniofazialen und häufig extrazephalen Fehlbildungen kombiniert. Eine totale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte kann als Begleitsymptom bei folgenden Syndromen auftreten: das Franceschetti-Syndrom, die Okulo-Auriculo-Vertebrale-Dysplasie, das Van-der-Woude-Syndrom oder die Trisomie 13. Speziell im Zusammenhang mit totalen bilateralen Spalte sind folgende Syndrome zu nennen: die Holoprosenzephalie und das Pseudothalidomid-Syndrom (Opitz 2001).

Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten zeigen sowohl im Oberkiefer (Spalt- und Nichtspaltseite) als auch im Unterkiefer eine signifikante Häufung dentaler Fehlbildungen, wie z.B. Nichtanlagen, überzählige Zähne, hypoplastische und

dysmorphe Zähne, Verlagerungen und Impaktionen (Long 1998, Ranta 1986, Ross und Johnston 1972, Wigger 1996).

Stahl et al. (2006) untersuchten 263 Patienten (158 männliche, 105 weibliche) mit nichtsyndromalen Spaltbildungen auf „genetisch determinierte Störanfälligkeiten der Gebissentwicklung“ nach Hoffmeister. Bei 97,7% aller Patienten wurde ein Mikrosymptom gefunden. Wenigstens eine Nichtanlage konnte in 43,4% aller Patienten festgestellt werden. Mit Berücksichtigung der Spaltregion wurden am häufigsten bei den bilateralen Spalten (52,6%) Nichtanlagen von Zähnen ermittelt. Unter Ausschluss des Spaltbereichs wurden im Vergleich zu den einseitigen Spaltbildungen bei den Bilateralen signifikant höhere Vorkommen (62,2%) gefunden. 29,8% der totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten (65 Patienten) hatten drei gefolgt von zwei (24,6%) und vier (21,1%) Mikrosymptomen.

Bartzela (2010) untersuchte 240 Patienten (172 männliche, 68 weibliche) mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten und fand bei 59,8% der Patienten wenigstens eine Nichtanlage. Mit der Schwere des Ausprägungsgrades der totalen bilateralen Spaltbildung stieg die Prävalenz auf nahezu 100%. Am häufigsten fehlten die lateralen Schneidezähne im Oberkiefer und die zweiten Prämolaren im Ober- und Unterkiefer. Es zeigten sich keine Unterschiede im Seitenvergleich oder im Vergleich der Geschlechter.

2.3 Gesichtsschädelwachstum unter regelrechten Bedingungen

Baume (1962) hat neben der enchondralen Ossifikation, die von Wachstumszentren ausgeht, die Bedeutung der Knochenapposition (Wachstumszonen) erkannt. Ihre Aktivierung erfolgt durch die Funktion benachbarter Strukturen wie Knochen und vor allem der Weichteile. Deshalb stehen lokale Funktionsabläufe in engem Zusammenhang mit der Form und dem Aufbau im Schädelbereich (Andrä und Neumann 1989).

Theorie nach Enlow (1968, 1989, 1996):
Wachstums- und Differenzierungsprozesse werden multifaktoriell beeinflusst und kontrolliert. An der Wachstumskontrolle beteiligen sich mehrere Faktoren wie genetische Prädisposition, Gewebs- und Zellinduktion, mechanische Beanspruchung, mögliche bioelektrische Faktoren und alle funktionellen Einflüsse.
Nach Enlow (1994) sind die Entwicklungsdeterminanten, die Position, Größe und Form größerer Gesichtsbereiche steuern, nicht in jedem Fall in der Region selbst zu finden.

Die funktionelle Matrixtheorie nach Moss (1969, 1972, 1973) besagt, dass das Knochenwachstum ausschließlich durch die Summe aller Weichteile (Organe, funktionelle Hohlräume, Muskeln, Nerven und Gefäße), die zusammen mit diesem Knochen arbeiten, gesteuert wird und der Knochen selbst keinerlei eigenständige Wachstumsaktivität besitzt.

Nach van Limborgh (1970, 1972) existieren drei wichtige Kontrollfaktoren der kraniofazialen Morphogenese: intrinsische, genetische und epigenetische Umweltfaktoren.

Aus allen Theorien über die Osteomorphogenese wird deutlich, dass dem Prinzip der Induktion bei sämtlichen Prozessen der Knochenneubildung und Remodellation (Apposition und Resorption) eine entscheidende Bedeutung zugeschrieben wird (Grabowski 1983).

Oberkiefer und Mittelgesicht

Die sagittale Verlängerung des Oberkieferzahnbogens wird durch Wachstum in der Sutura palatina transversa und durch Remodellierung im Tuberbereich erreicht.
Der nasomaxilläre Komplex wird durch expansives Wachstum der umgebenen Weichteile und der mittleren Schädelgrube nach vorn unten transloziert (Displacement). Dadurch ist eine Zunahme in der vertikalen Dimension möglich. Die Zugwirkung auf faziale Strukturen löst Knochenwachstum an Suturen zwischen nasomaxillärem Komplex und Schädelbasis aus (Remodellierung). Die Richtung des maxillären Knochenwachstums ist entgegengesetzt zur Richtung des Displacements (Enlow 1996).
Die transversale Erweiterung erfährt der Oberkiefer durch Wachstum in der Sutura palatina mediana, dies wurde in Implantatstudien dargestellt (Björk und Skieller 1977, Skieller 1964). Die suturale Aktivität ist im hinteren Teil der Naht am größten. Periostales Wachstum der dentoalveolären Strukturen trägt nicht zur Breitenentwicklung der Maxilla bei (Björk und Skieller 1977).

Unter regelrechten Bedingungen wird das Wachstum der Prämaxilla durch den vorwärts wachsenden mittleren Nasenwulst und die seitlichen Nasenwülste kontrolliert, die die Prämaxilla vollständig einschließen (Vargervik 1983).
Gerlach (1965) sieht den Zwischenkiefer als anatomisch und physiologisch selbständige Struktur mit gesondertem Wachstum, obwohl er durch das frühe Verschmelzen der Oberkieferbestandteile zu einer funktionellen Einheit, einen Autonomieverlust erleidet.
Nach Delaire (1976) unterliegt der Zwischenkiefer den dynamischen Einwirkungen von Seiten des Nasenscheidewandknorpels, des septomaxillären Ligaments, der oberen Lippenmuskulatur und dem Lippenbändchen und ist in seiner Entwicklung in besonderem Maße von der Sutura prämaxillomaxillaris abhängig.
Die Existenz dieser Sutur als funktionelle Wachstumszone über den Zeitraum der embryonalen Entwicklung hinaus wird von Enlow (1989), Gerlach (1965) und Latham (1970) bestritten.
Delaire (1976) konnte in seinen Untersuchungen die prämaxillomaxilläre Sutur im Kindesalter stets belegen und fand sie sogar im fortgeschrittenen Lebensalter.
Delaire und Precious (1986) beschreiben die Sutura prämaxillomaxillaris als Region adaptiven Knochenwachstums. Sie entsteht ihrer Ansicht nach aufgrund aktiver und separater Osteogenese in Prämaxilla und Maxilla.

Enlow und Hunter (1968) stellten fest, dass das Oberkieferwachstum mit 12 Jahren schon 90% seiner Vorwärtsentwicklung vollendet hat, wogegen beim Unterkiefer noch 55% ausstehen.

Weitere Faktoren nehmen Einfluss auf das Längenwachstum des Oberkiefers.
Fränkel (1964) macht darauf aufmerksam, dass Zunge, Lippen und Wangen als lokal induzierende Faktoren eine herausragende Bedeutung für das Wachstum und die Formentwicklung zukommen.
Neben der Zunge beeinflussen zwei weitere Muskelsysteme das maxilläre Wachstum. Vorn ist es die anteriore Kette der Gesichtsmuskeln mit dem nasolabialen Muskelring und dem oberen Anteil des Musculus orbicularis oris. Beide haben Einfluss auf das Wachstum der vorderen Fläche der Maxilla. Posterior befinden sich die Ketten der tiefen Gesichts- und Halsmuskulatur. Der obere Anteil der Halsmuskelkette unterstützt die Zunge und den weichen Gaumen in ihrer Funktion. Die posterioren Muskelketten geben einen Wachstumsimpuls vor allem für die posterioren und lateralen Teile des Oberkiefers (Friede 1998).

Unterkiefer

Während an der Vorderseite des aufsteigenden Astes im Rahmen des Remodellings Resorptionsvorgänge stattfinden und der Corpus mit Ramus ascendens und Kondylen durch Apposition im posterioren Anteil nach dorsal wächst, wird der Unterkiefer in seiner Gesamtheit nach ventral verlagert (primäres Displacement). Das durch die Expansion der mittleren Schädelgrube hervorgerufene sekundäre Displacement bewirkt eine ventro-kaudale Lageveränderung der gesamten Mandibula (Enlow 1996).
Enlow (1989) bezeichnet die Schädelbasis als Schablone für das Wachstum des gesamten Gesichtsschädels. Im Speziellen wird das Wachstumsverhalten des Unterkiefers maßgeblich durch die räumliche Beziehung zur mittleren Schädelgrube beeinflusst (Enlow 1989, Motohashi und Pruzansky 1981, Ross 1987).
Moss (1969) beschreibt das Unterkieferwachstum als eine Kombination aus periostalen Appositions- und Resorptionsprozessen und der Ausdehnung der orofazialen Kapsel. Letztgenanntes spielt eine Rolle bei der passiven Verlagerung des Unterkiefers im Raum.

Baume (1957, 1962) behauptet, dass der Kondylenknorpel die Fähigkeit zu autonomem Wachstum besitzt. Bestätigt wurde dies in den Untersuchungen von Hausser (1973) und Moore (1982), die den Gelenkfortsatz als ein wesentliches Wachstumszentrum ansehen.

Dagegen beobachten Moss und Rankow (1968) keine Wachstumsstörung nach Entfernung des Gelenkknorpels. Sie sehen die entstandenen Narbenzüge als Ursachen für die Abweichungen an und dies bestärkt sie in ihrer Meinung, dass der Kondylenknorpel keinesfalls ein primäres Wachstumszentrum darstellt.

Das appositionelle Wachstum am Kieferwinkel ist für Segl (1973) ein wichtigerer Faktor als die kondyläre Wachstumspotenz.

Der Zungen-, Kau- und mimischen Muskulatur kann eine wachstumsinduzierende Potenz als direkte funktionelle Beeinflussung des Unterkieferwachstums zugesprochen werden (Fränkel 1964, Heckmann 1962).
Stutzmann und Petrovic (1975) sprechen der Zungenruhelage für das Wachstum des Unterkiefers in sagittaler Richtung und für das Kondyluswachstum eine entscheidende Rolle zu. Maßgeblich unterstützt wird die Zunge beim nach vorne Bewegen des Unterkiefers durch die Mm. pterygoidei laterales.
Auch Kerr (1979) und Scott (1954) weisen auf den Zusammenhang von morphologischen Strukturen und funktionellen Verhaltensweisen hin, da die An- und Abbauprozesse im Gonionbereich unmittelbar mit der Funktion der ansetzenden Muskeln verbunden sind.

Zusätzlich zu den morphologischen Bedingungen und funktionellen Einflüssen wird die endgültige Lage des Unterkiefers grundlegend durch das genetisch fixierte Rotationsverhalten der Mandibula beeinflusst (Björk 1994).

2.4 Gesichtsschädelwachstum unter den Bedingungen einer totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte

Unter den Bedingungen einer Spalte bleibt die Vereinigung der Ossifikationskerne von Prämaxilla und Maxilla aus, da die Spalte in der Region lokalisiert ist, in welcher sich unter normalen Bedingungen die Sutur bildet (Delaire und Precious 1986).

Vargervik (1983) beschreibt, dass das Wachstum der Prämaxilla bei bilateralen Spaltbildungen sich extrem vom regelrechten Wachstum unterscheidet. Der Zwischenkiefer zeigt ein exzessives, horizontal ausgerichtetes Wachstum und wird durch die mittleren Strukturen der Nase (das normalerweise mit dem Vomer verbundene knorpelige Nasenseptum, die ethmoidalen Platten und die anterioren Nasenknorpel) nach anterior befördert. Im Fall einer vollständigen Spaltfehlbildung sind diese Abkömmlinge des Stirnnasenwulstes nicht verbunden mit dem lateralen Nasenwulst oder beeinflusst durch ihn. Ferner bedingen exzessive Knochenanbauprozesse in der vomero-prämaxillären Sutur die Position des Zwischenkiefers (Pruzansky 1971, Latham 1973). Zusätzlich ist die Prämaxilla, die normalerweise eher in horizontaler als in vertikaler Richtung wächst, durch Knochenapposition im alveolären Bereich vergrößert (Atherton 1974).
Zur Geburt zeigt sich als charakteristisches Merkmal bei totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten die Protrusion der Prämaxilla (unterschiedlicher Ausprägungsgrad) und das damit verbundene konvexe Profil (da Silva Filho et al. 1998). Die beiden lateralen Segmente liegen dorsal und sind oftmals nach medial und kranial rotiert.
Friede (1998) sieht in den durchgeführten Operationen die Faktoren mit der größten Einflussnahme auf das Wachstum des Oberkiefers und des gesamten Gesichtsschädels bei Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten. Nicht nur die chirurgische Rehabilitation, sondern auch das genetische Gesichtsschädelwachstum und die Schwere der Spalte beeinflussen die Gebissentwicklung von Spaltpatienten (Crull 1993, Grabowski 1984, Honda et al. 1995).

Bei unbehandelten totalen bilateralen Lippen-Kiefer-Gaumen-Segelspalten rotieren die Oberkiefersegmente zur Mitte, der Zahnbogen kollabiert und es entsteht ein Kreuzbiss in der Eckzahnregion (Latief et al. 2010). Boo-Chai (1971) fand heraus, dass die lateralen Segmente nach anterior wachsen und ein relativ gutes Profil verblieb.
Bei dem kephalometrischen Vergleich mit Gesunden zeigen sich ein vergrößerter SNA-Winkel (Diah et al. 2007), ein stark konvexes Profil (da Silva Filho et al. 1998) und

ein vertikales Wachstumsmuster. Diese Charakteristika werden laut da Silva Filho et al. (2003) durch eine steile Mandibularebene, einen stumpfen Gonionwinkel, eine vergrößerte untere Gesichtshöhe, eine kürzere Schädelbasis und einen großen Nasolabialwinkel verursacht.

Vergleicht man unoperierte totale bilaterale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten mit Patienten, bei denen lediglich ein operativer Lippenverschluss durchgeführt wurde, sieht man eine weniger protrusive Prämaxilla und eine Neigung der Schneidezähne nach palatinal (da Silva Filho et al. 2003). Die operativ wiedervereinigte Lippe übt eine retrusive Kraft auf die Prämaxilla und den gesamten Oberkiefer aus. Dieser allmähliche Prozess geschieht langsam und endet in der Pubertät (Narula und Ross 1970, Friede und Pruzansky 1972). Diese nach hinten gekippte und oftmals kaudal positionierte Prämaxilla führt im weiteren Zahnwechsel häufig zu Tiefbisssituationen und wird für eine Wachstumshemmung des Unterkiefers mit verantwortlich gemacht.
Bardach (1990) beschreibt, dass die Lippenplastik wegen ihres frühen Zeitpunktes einen größeren Einfluss auf die Oberkieferentwicklung hat als der Gaumenverschluss. Ebenfalls konnten Bardach et al. (1984) einen erhöhten Lippendruck bei Spaltpatienten feststellen.
Jonas et al. (1986) stellten gleichermaßen einen signifikanten Bezug zwischen dem Ruhedruck der Oberlippe und dem Gesichtsschädelwachstum fest. Je ausgeprägter der Ruhedruck der Oberlippe, umso stärker war das vertikale Wachstum der vorderen unteren Gesichtshöhe, welches mit einer verstärkten clockwise Rotation des Unterkiefers einhergeht. Ebenfalls konnte eine eindeutige Korrelation zur Längenentwicklung bzw. dem sagittalen Einbau des Oberkiefers beobachtet werden. Mit zunehmendem Druck verringerten sich der SNA-Winkel und die Länge des Oberkiefers.
Da Silva Filho et al. (2005) fanden keinen negativen Einfluss des Lippenverschlusses auf die sagittale Entwicklung der basalen Oberkieferanteile.

Aus diesem progredienten Fortschreiten der Retrusion der Prämaxilla führt eine massive Retraktion des Zwischenkiefers, wie von Latham et al. (1976) und Bitter (1992, 2000) in einem sehr jungen Alter propagiert, zu einer Wachstumshemmung mit unvorteilhafter Profilentwicklung (Gnoinski und Rutz 2009).
Henkel und Gundlach (1997) raten generell von der Retraktion der Prämaxilla ab. Auch die vomero-prämaxilläre Sutur ist eine kritische Struktur bei der Erreichung eines normalen Profils im Erwachsenenalter. Es sollten im ersten Lebensjahr keine

operativen Eingriffe in dieser Region durchgeführt werden (Pruzansky 1971, Friede und Morgan 1976).
Von vielen Autoren wird die retrognathe Position des Mittelgesichts als Reaktion auf die Narbenkontraktion angesehen (Boo-Chai 1971, Friede und Figuera 2007, Jonas et al. 1986, Joos 1987, Li et al. 2006, Ross 1987). Ross (1987) zieht die übermäßige Dehnung des Gewebes beim Spaltverschluss als eine weitere Ursache in Betracht. Nach Friede (1998) beeinflussen die palatinalen Narbenzüge das periostale Oberkieferwachstum und führen zur Distorsion der dentoalveolären Strukturen. Die kontraktilen Kräfte der fibrösen Narben verursachen die mediale Bewegung der lateralen Oberkiefersegmente, die mediale Kippung der Zähne und des Alveolarfortsatzes und die Retroinklination der Frontzähne (Jonas et al. 1986). Das dentoalveoläre Wachstum kann deshalb bei schweren Formen der totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten auch in der vertikalen Dimension gestört sein.

Durch die fehlende kraniale Orientierung beim unoperierten Säugling rutscht die Zunge in Ruhelage in den Spaltbereich und nimmt so eine retrokaudale Lage ein (Hotz et al. 1982). Diese unphysiologische kaudale Zungenlage verschlechtert die Entwicklung des Oberkieferzahnbogens sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung (Ross und Johnston 1972).

Für Hotz (1979), Ross (1987) und Schröder (1982) hat ein zu früher operativer Verschluss negative Auswirkungen auf die dentoalveoläre Entwicklung und das Gesichtswachstum.
Die Vorverlagerung des Oberkieferkomplexes wird durch die früh wirkenden Narbenzüge in der Region der Sutura pterygomaxillaris und der Tubera gehemmt (Holtgrave 1994, Kuijpers-Jagtman 1995).
Nach Andrä (1965), Chiari und Hollmann (1983) und Ross (1987) kommt es bei alleiniger Velumplastik nur zu geringfügigen Behinderungen der Ventralentwicklung des Oberkieferkomplexes. Besonders das früh verschlossene Velum wirkt auf die Wachstumszentren in der Schädelbasis funktionell stimulierend.
In frühen Entwicklungsstadien werden die Folgen eines frühzeitigen Hartgaumenverschlusses nicht immer sichtbar (Opitz et al. 1977, Ross 1987). Die Auswirkungen und besonders die Verschlechterungen werden erst nach dem Wachstumsende erkennbar (Smahel 1984).
Liao et al. (2006) konnte an 104 Patienten mit nichtsyndromalen unilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten in Bezug auf den späten Gaumenverschluss einen

positiveren und signifikanten Effekt in der sagittalen Entwicklung des Oberkiefers nachweisen.
Signifikant nachteilige Effekte auf die Sprache fanden Rohrich et al. (1996) nach spätem Hartgaumenverschluss mit 48,6 Monaten im Vergleich zum frühen Verschluss mit 10,8 Monaten, aber keine Unterschiede im Oberkieferwachstum oder dem Hörvermögen. 1999 kamen Friede et al. zu vergleichbaren Ergebnissen.

Fleiner et al. (1991) und Schweckendiek (1978) stellten ausschließlich beim zweiphasigen Gaumenverschluss kaum Veränderungen in der sagittalen und transversalen Entwicklung des Oberkieferkomplexes fest. Dagegen fand Ross (1987) nach der Untersuchung verschiedener Operationsmethoden (ein- und zweiphasig) keine Unterschiede. Friede und Enemark (2001) fanden bei einem zweiphasigen Verschluss des Gaumens mit spätem Hartgaumenverschluss weniger Wachstumsbeeinflussung und bessere Endergebnisse für den Oberkiefer, dies bestätigten auch Silvera et al. (2003). Gnoinski und Rutz (2009) sahen in ihrer longitudinalen Studie an Patienten mit bilateralen Spalten im Vergleich zur Nichtspaltgruppe einen möglichen positiven Effekt des zweiphasigen Verschlusses in der neutralen Entwicklung des Wachstumsmusters. Nguyen und Sullivan (1993) und Gaggl et al. (2003) sehen wie viele andere keinen Vorteil im zweiphasigen Gaumenverschluss und verschließen den Gaumen einphasig. Noverraz et al. (1993) untersuchte in einer longitudinalen Studie unilaterale Spalten und konnte keinen Unterschied im Ergebnis nach Hartgaumenverschluss mit 1,5; 4,6 oder 9,4 Jahren finden.

Der Operationszeitpunkt des Gaumenverschlusses wird bis in die heutige Zeit kontrovers diskutiert, da mit einem frühen Verschluss die Sprachentwicklung störungsfreier und mit einem späteren Verschluss die Entwicklung des Oberkiefers ungehinderter von statten gehen soll (Ortiz-Monasterio et al. 1974, Friede und Figuera 2007). Das generelle Ziel der Operation ist die Trennung des Mund- und Nasenraumes und die Bildung eines langen und gut beweglichen Velums, um die Basis für eine regelrechte Sprachentwicklung zu schaffen.

2.5 Das Rostocker interdisziplinäre Betreuungskonzept

An der Universität Rostock gibt es seit 1967 ein Zentrum für die Rehabilitation von Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten, welches sich der Langzeitbetreuung von LKGS-Patienten widmet und über eine Langzeitdokumentation der Behandlung dieser Patientengruppe verfügt.

Die Betreuung der Patienten und ihrer Angehörigen beginnt soweit möglich neonatal mit Untersuchung, Diagnostik und Abformung des Spaltkiefers. Seit dem Jahr 1975 wird die kieferorthopädische Frühbehandlung in Anlehnung nach Hotz durchgeführt. Es wird eine passive Platte aus hartem Kunststoff angefertigt, die bis in das Vestibulum reicht und den Spaltdefekt bedeckt. Ziel dieser Behandlung ist die Spaltverkleinerung durch Steuerung des Wachstums der Spaltsegmente, die Aufrichtung des Vomers, die Aufrichtung der Kiefermitte, die Stabilisierung der Prämaxilla, die Erleichterung der Nahrungsaufnahme, die Simulation eines „heilen Gaumens“ für die Entwicklung physiologischer Funktionsmuster (Sprache, Schlucken, Zungenruhelage) und die Verhinderung der Einlagerung der Zunge in den Spaltbereich. Die Platte wird im dreiwöchigen Rhythmus kontrolliert, ausgeschliffen und ggf. angepasst, um das Wachstum zu lenken.
Die prächirurgische kieferorthopädische Frühbehandlung wurde bei den Patienten der Untersuchungsgruppe mit der Geburt begonnen und über den Lippenverschluss (4. - 6. Lebensmonat) bis zum Verschluss des weichen Gaumens ausgedehnt (12. - 15. Lebensmonat). Die Uranoplastik erfolgte zwischen dem 5. und 6. Lebensjahr.
Auch wenn sich heutzutage einige Zeitpunkte etwas verändert haben und angepasst wurden, war es in den vergangenen 30 Jahren immer unser Prinzip, eine wachstumsorientierte kieferorthopädische Frühbehandlung ab der Geburt durchzuführen.

Mit wenigen Ausnahmen (Progenien) werden im Milchgebiss keine kieferorthopädischen Behandlungen vorgenommen. Es steht vielmehr die Gebissüberwachung, Prophylaxe und die Erlernung physiologischer Funktionsmuster im Vordergrund. Gerade der Schneidezahnwechsel ist eine kritische Phase des frühen Wechselgebisses und bedarf regelmäßiger Kontrollen und oftmals regulierender Therapie. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die reguläre und langjährige kieferorthopädische Gebissüberwachung und Therapie, die im Regelfall bis zum Ende des Gesichtsschädelwachstums andauert.

3 Probanden und Methode

3.1 Probandenauswahl

Für die vorliegende Arbeit wurde aus dem Archiv des Zentrums für die Rehabilitation von Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten an der Universität Rostock das verfügbare Material von Patienten mit bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten studiert. Von allen zur Verfügung stehenden Patientenakten wurde nach Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte gesucht, die folgende Auswahlkriterien erfüllten:

- totale bilaterale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte
- keine syndromale Spaltbildung oder andere Fehlbildungen
- Vorhandensein von Fernröntgenseitenbildern mit den CVM-Stadien CS1-2 (präpuberaler Zeitpunkt T1) und CS5-6 (postpuberaler Zeitpunkt T2)
- kaukasische Abstimmung
- kieferchirurgische und kieferorthopädische Behandlung der Patienten im Rostocker Rehabilitationszentrum.

Insgesamt erfüllten sechs weibliche und 19 männliche Patienten, die im Zeitraum von 1970 bis 1988 geboren wurden, die Auswahlkriterien. Die Untersuchungsgruppe stellt eine Spätkontrolle nach prächirurgischer Frühbehandlung dar. Um geschlechtsspezifische Unterschiede zu berücksichtigen, wurden die männlichen und weiblichen Spaltträger nicht zusammengefasst, sondern getrennt betrachtet. Die geringe Anzahl der weiblichen Probanden (n=6) rechtfertigte keine statistische Analyse. Darum wurden diese von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.
Um die Wachstumsveränderungen und die Therapieergebnisse prä- und postpuberal zu analysieren, ist die skelettale Reife und nicht das chronologische Alter der Patienten ausschlaggebend (Baccetti et al. 2002, 2003; Franchi et al. 2000, Gu und McNamara 2007). Zur Diagnose der skelettalen Reife der Patienten in der Untersuchungsgruppe wurde die CVM-Methode (Cervical Vertebral Maturation Methode) modifiziert nach Baccetti et al. (2002, 2003) benutzt.

Als Kontrollgruppe wurden kieferorthopädisch unbehandelte Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung aus der *Rostocker Wachstumsstudie* (Heckmann 1975, Heckmann et al. 1974, Klink-Heckmann und Fischer 1997) herangezogen. Die Probanden der Kontrollgruppe wurden entsprechend ihrer skelettalen Reife zum Untersuchungszeitpunkt T1 (CS1-2) und T2 (CS5-6) und nach ihrem Geschlecht mit den Patienten aus der Untersuchungsgruppe gematcht. Insgesamt standen 14 männliche Probanden als Kontrollgruppe zur Verfügung (Tabelle 1).

Tabelle 1
Deskriptive Statistik der Untersuchungs- und Kontrollgruppe zum Untersuchungszeitpunkt T1 und T2

Skelettales Reifestadium	Untersuchungsgruppe (n=19) Alter in Jahren				Kontrollgruppe (n=14) Alter in Jahren			
	MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max
T1 (CS1-2)	12,0	1,3	9,0	14,0	10,8	1,4	8,0	13,0
T2 (CS5-6)	17,9	1,4	16,0	20,0	17,1	1,8	15,0	23,0

3.2 Aufnahmetechnik und verwendete Software

Die verwendeten Fernröntgenseitenaufnahmen wurden in der Radiologischen Abteilung der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde mit dem Röntgengerät TUR D 300 (ab 1972) und mit dem Röntgengerät TUR D 800-3 (ab 1988) erstellt. Die bei der Aufnahmetechnik entstandenen Vergrößerungsfaktoren betrugen jeweils 7,14% (bis 1985) und 8,91% (nach 1985).

Zur Untersuchung der kephalometrischen und tensoranalytischen Daten und für die visuelle Analyse wurde das von Stahl (2007) entwickelte *Rostocker Wachstumsanalyse Tool* (ROWAT) verwendet (Abbildung 1).

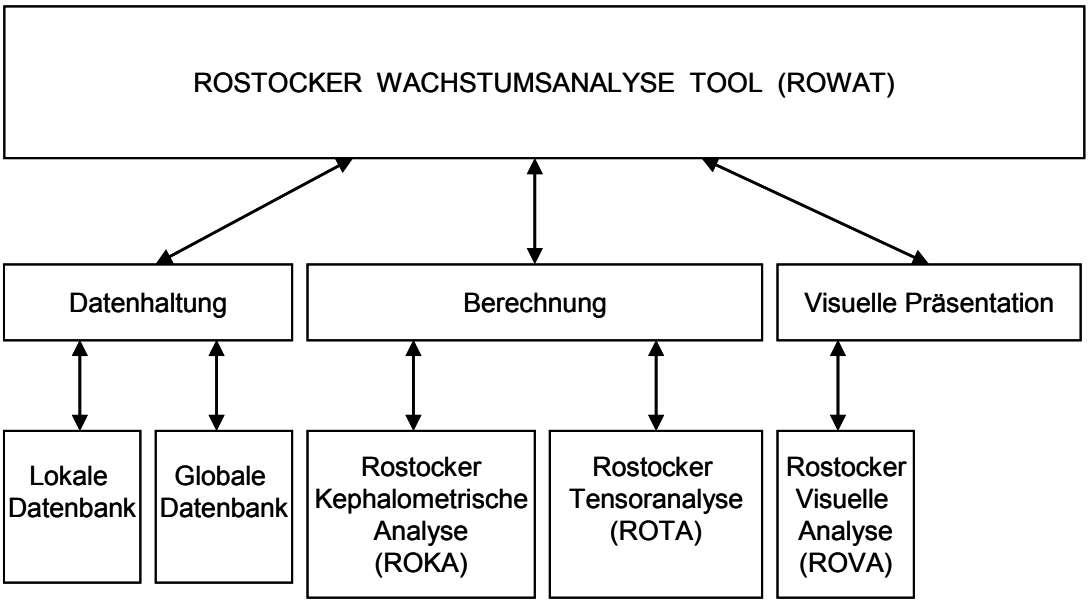

Abbildung 1
Aufbau des Rostocker Wachstumsanalyse Tools (ROWAT) mit Darstellung der Einzelkomponenten (Abbildung aus Med. Habil., Stahl 2007)

3.2.1 Kephalometrische Analyse

Die in der vorliegenden Studie verwendete *Rostocker Kephalometrische Analyse* (ROKA) ist ein Bestandteil des *Rostocker Wachstumsanalyse Tools* (ROWAT) (Stahl 2007) und beinhaltet Messwerte aus verschiedenen kephalometrischen Analysen von Hasund (1973), Jacobson (1975), Jarabak und Fizzel (1972), McNamara (1984), Ricketts (1981), Steiner (1953).

Auf einer 0,003“ matten Azetatfolie (Fa. Dentaurum) wurden die Fernröntgenseitenaufnahmen der Untersuchungsgruppe von einem erfahrenen Untersucher (JN) manuell mit einem angespitzten 2H Faber-Castell Fallminenstift auf einem Lichtkasten unter dunklen Lichtverhältnissen durchgezeichnet. Die Doppelkonturen anatomischer Strukturen wurden gemittelt. Die für die kephalometrische Analyse und für die Tensoranalyse benötigten kephalometrischen Referenzpunkte wurden markiert. Wegen der spaltbedingten Schwierigkeit des Einzeichnens der Spina nasalis anterior wurden alle Durchzeichnungen von einem zweiten erfahrenen Untersucher speziell auf die Lage des Oberkieferplanums kontrolliert. Alle Durchzeichnungen wurden mit einem Durchlichtscanner (Epson® Perfection V750 Pro, Epson, Deutschland) mit 300 dpi und 8 Bit Graustufen für die anschließende rechnergestützte Analyse digitalisiert.

Die Digitalisierung der 26 kephalometrischen Referenzpunkte für die kephalometrische Analyse erfolgte mittels *Rostocker Kephalometrische Analyse* (ROKA) am Bildschirm. Folgende kephalometrische Referenzpunkte und Bezugsebenen wurden verwendet (siehe auch Abbildung 2 und Abbildung 3)

Bezugspunkte der kephalometrischen Auswertung

Nr.	Abkürzung	Definition
1	S	Sellapunkt, geometrischer Mittelpunkt der Fossa hypophysialis in der Median-Sagittalebene
2	N	Nasion, der am weitesten anterior gelegene Punkt der Sutura fronto-nasalis am Übergang vom Os frontale zum Os nasale in der Median-Sagittalebene

3	Cond	Condylion, superiorster Punkt des Condylus mandibulae
4	Ba	Basion, unterster posteriorster Punkt des Clivus = anteriorster Punkt des Foramen magnum in der Median-Sagittalebene
5	Ar	Artikulare, der röntgenologische Schnittpunkt des Unterrandes des Clivus mit dem Hinterrand des Collum mandibulae
6	Go1	Goniontangentenpunkt, Berührungspunkt einer Tangente an der Rückseite des aufsteigenden Astes des Unterkiefers, ausgehend vom Punkt Artikulare
7	Spp	Spina nasalis posterior, konstruierter Schnittpunkt des knöchernen Nasenbodens mit der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina, der die hintere Begrenzung der Maxilla darstellt
8	hPocP	hinterer Punkt zur Definition des Okklusalplanums
9	Spa	Spina nasalis anterior, vorderster Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior in der Median-Sagittalebene
10	A	A-Punkt / Subspinale, dorsalster Punkt an der vorderen Kontur des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittalebene
11	B	B-Punkt / Supramentale, dorsalster Punkt der vorderen Kontur des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittalebene
12	Pog	Pogonion, anteriorster Punkt des knöchernen Kinns, tangentialer Berührungspunkt der Senkrechten auf die Mandibularebene Me-Go am knöchernen Kinn in der Median-Sagittalebene
13	Me	Menton, kaudalster Punkt der knöchernen Symphyse in der Median-Sagittalebene
14	Go2	Goniontangentenpunkt, Berührungspunkt einer Tangente am Unterrand des Unterkieferkörpers, ausgehend vom Punkt Menton

15	tPIm	Punkt im Bereich der Inzisura masseterica an der inferioren Kontur des Unterkieferkörpers, der am weitesten vom Mandibularplanum Me-Go abweicht
16	tPpS	tiefster Punkt des Bereiches posterior der Symphyse
17	tPUK	tiefste Einziehung des dorsalen Randes des aufsteigenden Astes, die den größten Abstand zu der von Articulare ausgehenden Ramustangenten aufweist
18	vPocP	vorderer Punkt zur Definition des Okklusalplanums
19	Gn	Gnathion (anatomisch), anterior-inferiorster Punkt des knöchernen Kinns; Schnittpunkt, der durch die Winkelhalbierende des von der Mandibularebene und der Fazialebene eingeschlossenen Winkels am Unterkiefer-Symphysenrand entsteht.

Kephalometrische Bezugsebenen

Abkürzung	Definition
NSL	Gerade durch Sella und Nasion (vordere Schädelbasis)
NL	Gerade durch Spina nasalis anterior – Spina nasalis posterior (Oberkieferplanum)
OcP	Gerade durch posterioren und anterioren Punkt der Okklusionsebene (funktionelle Okklusionsebene)
ML	Gerade durch Menton und Goniontangentenpunkt (Go2) (Mandibularplanum)

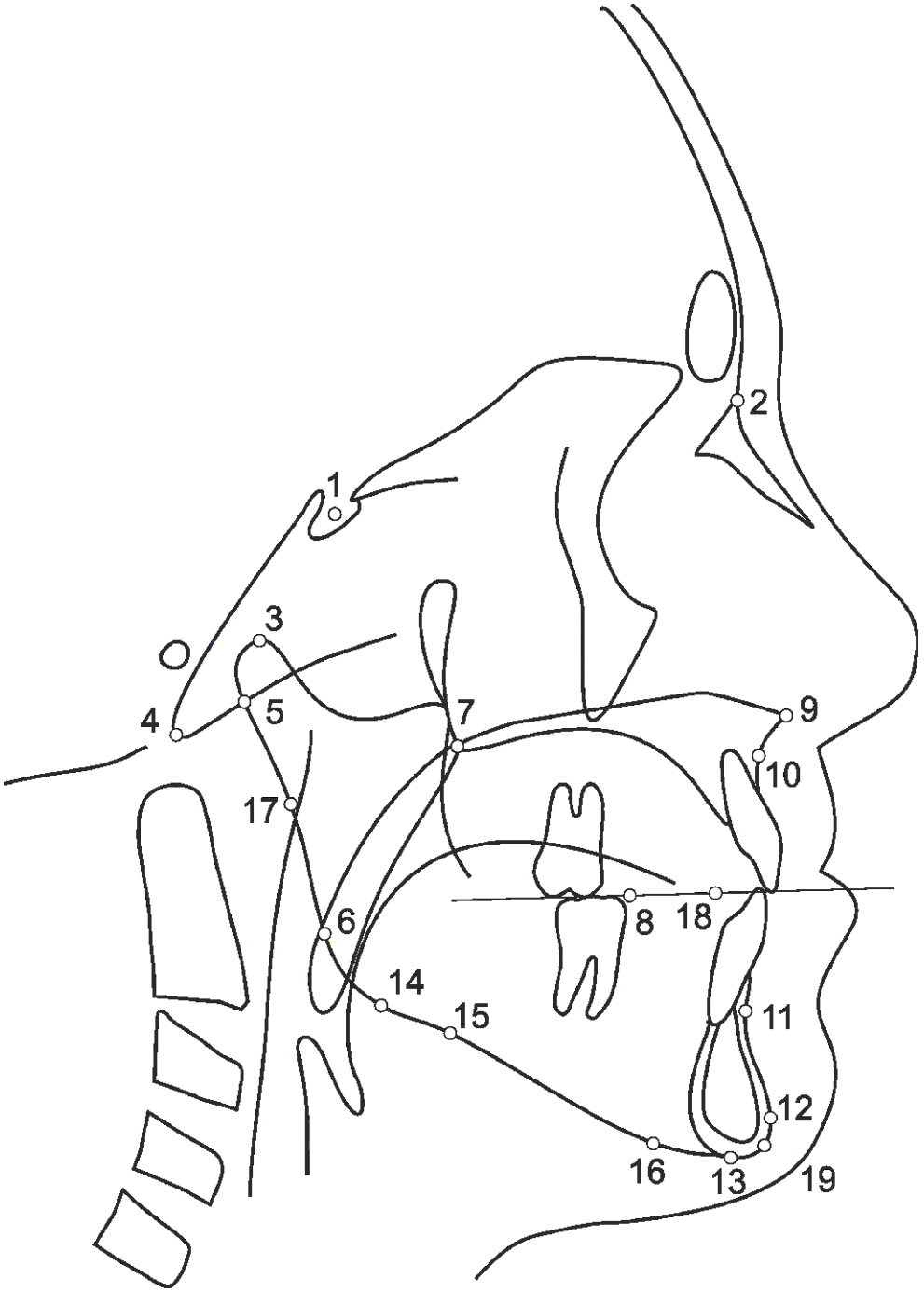

Abbildung 2
Bezugspunkte der kephalometrischen Auswertung

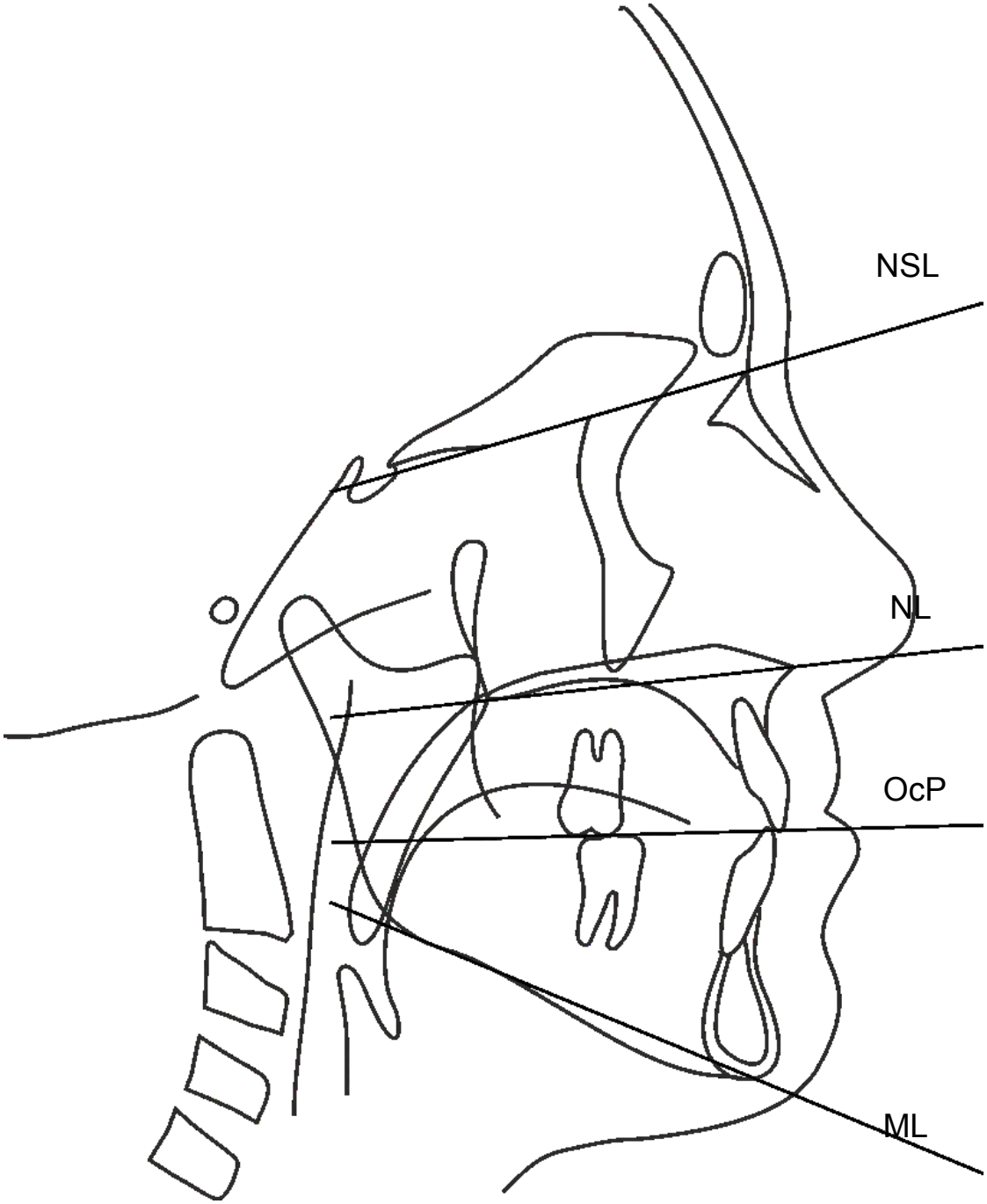

Abbildung 3
Kephalometrische Bezugsebenen

Die kephalometrischen Messwerte (Tabelle 2) wurden für die statistische Analyse aus ROKA in Microsoft Excel® exportiert. Die metrischen Parameter der kephalometrischen Analyse wurden anschließend aufgrund der bekannten Vergrößerungsfaktoren in lebensgroße Dimensionen umgerechnet.

Tabelle 2
Kephalometrische Messwerte

Parameter	Beschreibung
Vertikal	
NSBa (°)	Nasion-Sella-Basion (Schädelbasisknickungswinkel)
NL-NSL (°)	Vordere Schädelbasis-Oberkieferplanum
ML-NSL (°)	Vordere Schädelbasis-Unterkieferplanum
ML-NL (°)	Oberkieferplanum-Unterkieferplanum
ArGoMe (°)	Artikulare-Gonion-Menton (Kieferwinkel)
NSGn (°)	Nasion-Sella-Gnathion
NSAr (°)	Nasion-Sella-Artikulare
FHR (%)	Gesichtshöhenverhältnis
Sagittal	
SNA (°)	Sella-Nasion-A-Punkt
SNB (°)	Sella-Nasion-B-Punkt
ANB (°)	A-Punkt-Nasion-B-Punkt
Wits (mm)	Wits-Wert
SNPg (°)	Sella-Nasion-Pogonion
Metrisch	
Spa-Spp (mm)	Spina nasalis anterior- Spina nasalis posterior (Länge des Oberkiefers)
Co-A (mm)	Condylion-A-Punkt (Mittelgesichtslänge)
Co-Gn (mm)	Condylion-Gnathion (effektive Unterkieferlänge)
Diff. UK/OK (mm)	Maxillo-mandibuläre Differenz
Co-Go (mm)	Condylion-Gonion (Höhe des Ramus mandibulae)
Go-Me (mm)	Gonion-Menton (Länge des Corpus mandibulae)
Ar-Gn (mm)	Artikulare-Gnathion
S-N (mm)	Sella-Nasion (vordere Schädelbasis)
S-Ba (mm)	Sella-Basion (hintere Schädelbasis)
N-Spa (mm)	Nasion-Spina nasalis anterior (vordere obere Gesichtshöhe)
Spa-Me (mm)	Spina nasalis anterior-Menton (vordere untere Gesichtshöhe)
N-Me (mm)	Nasion-Menton (vordere Gesichtshöhe)
S-Go (mm)	Sella-Gonion (hintere Gesichtshöhe)

3.2.2 Tensoranalyse

Die Digitalisierung der kephalometrischen Referenzpunkte für die Tensoranalyse erfolgte mittels *Rostocker Tensoranalyse* (ROTA) am Bildschirm. Dazu wurden dieselben eingescannten Durchzeichnungen, die auch in ROKA verwendet wurden, benutzt. Auch ROTA ist ein Bestandteil des *Rostocker Wachstumsanalyse Tools* und ermöglicht erstmals die Berechnung, die graphische Darstellung und die Ausgabe der Winkel und Dilatationen beliebig vieler Dreiecke (Stahl 2007). Die Angabe der Messwerte für die Dilatationen (D1 und D2) und Winkel (α und β) erfolgte jeweils in dimensionslosen Zahlen und in Grad. Folgende kephalometrische Referenzpunkte (Abbildung 4) wurden für die Definition verschiedener Dreiecke verwendet (Tabelle 3 und Abbildung 5).

Bezugspunkte der tensoranalytischen Auswertung

Nr.	Abkürzung	Definition
1	S	Sellapunkt, geometrischer Mittelpunkt der Fossa hypophysialis in der Median-Sagittalebene
2	N	Nasion, der am weitesten anterior gelegene Punkt der Sutura fronto-nasalis am Übergang vom Os frontale zum Os nasale in der Median-Sagittalebene
3	Ba	Basion, unterster posteriorster Punkt des Clivus = anteriorster Punkt des Foramen magnum in der Median-Sagittalebene
4	Ar	Artikulare, röntgenologischer Schnittpunkt des Unterrandes des Clivus mit dem Hinterrand des Collum mandibulae
5	Go1	Goniontangentenpunkt, Berührungspunkt einer Tangente an der Rückseite des aufsteigenden Astes des Unterkiefers, ausgehend vom Punkt Artikulare
6	Spp	Spina nasalis posterior, konstruierter Schnittpunkt des knöchernen Nasenbodens mit der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina, die die hintere Begrenzung der Maxilla darstellt

7	A	A-Punkt / Subspinale, dorsalster Punkt an der vorderen Kontur des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittalebene
8	B	B-Punkt / Supramentale, dorsalster Punkt der vorderen Kontur des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittalebene
9	Me	Menton, kaudalster Punkt der knöchernen Symphyse in der Median-Sagittalebene
10	Go2	Goniontangentenpunkt, Berührungspunkt einer Tangente am Unterrand des Unterkieferkörpers, ausgehend vom Punkt Menton

Tabelle 3
Verwendete tensoranalytische Dreiecke

Dreiecke	**Beschreibung**
Oberkiefer	
∆ SNA	Vordere Schädelbasis – Maxilla
∆ SBaSpp	Hintere Schädelbasis – Mittelgesicht
Unterkiefer	
∆ ArGoMe	Unterkiefer
Intermaxillär	
∆ SppAB	Oberkieferbasis – anteriore Unterkieferposition
∆ GoAB	Unterkieferbasis – anteriore Oberkieferposition
Gesichtshöhen	
∆ SNMe	Vordere Schädelbasis – vordere Gesichtshöhe
∆ SGoN	Hintere Gesichtshöhe – vordere Schäselbasis

Insgesamt wurden sieben Dreiecke definiert. Die tensoranalytischen Messwerte jedes Dreieckes (D1, D2, α und β) wurden für die statistische Analyse aus ROTA in Microsoft Excel® exportiert.

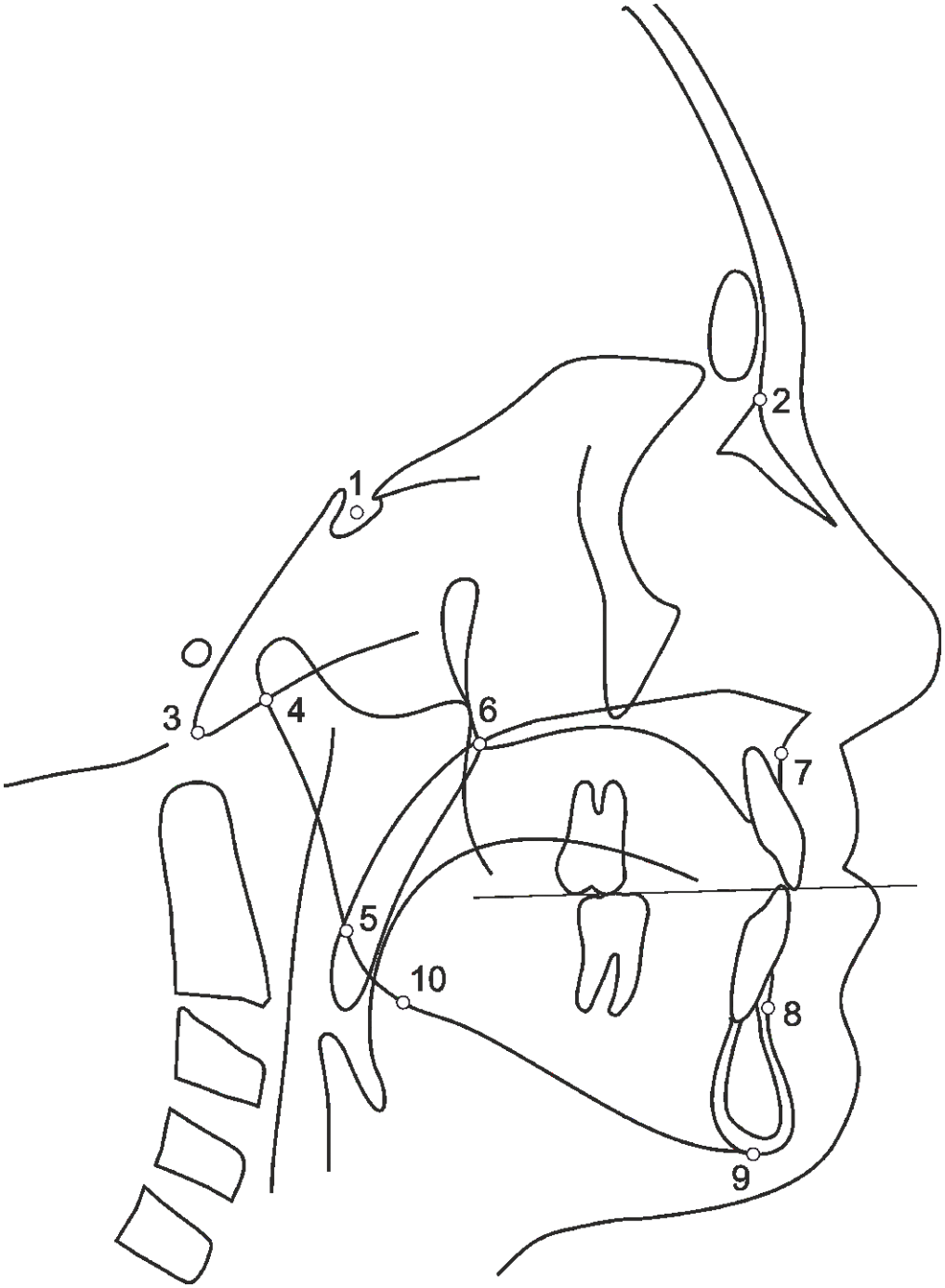

Abbildung 4
Bezugspunkte der tensoranalytischen Auswertung

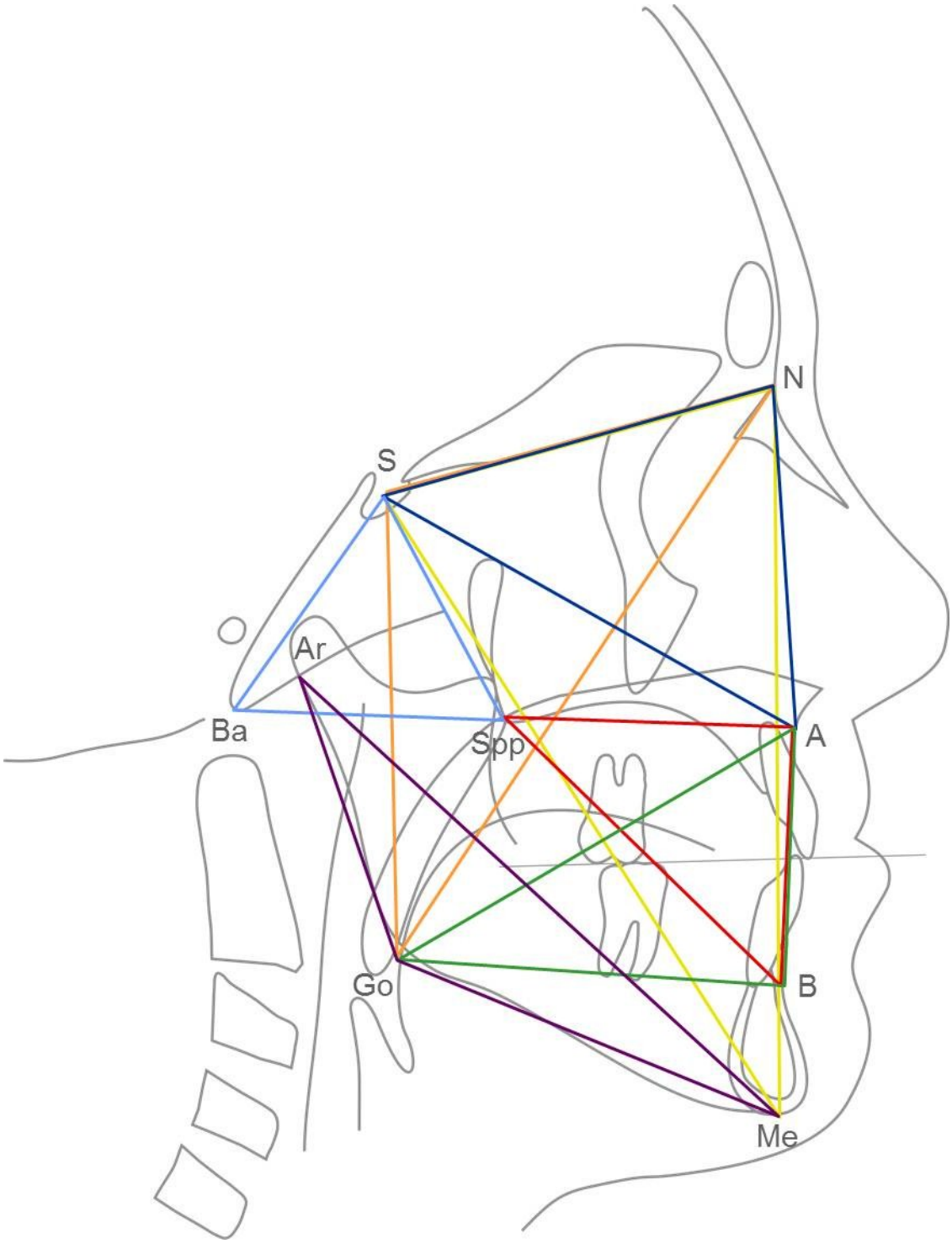

Abbildung 5
Tensoranalytische Dreiecke

3.2.3 Visuelle Analyse

Für ausgewählte kephalometrische Datensätze wurde die *Rostocker Visuelle Analyse* (ROVA) als weiteres Auswertungstool verwendet, um individuelle Unterschiede der Probanden und Unterschiede zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe zu untersuchen. Aus den zur Verfügung stehenden Visualisierungstechniken wurden die Table Lens ausgewählt. Mit ihnen sind die Darstellung vieler Datensätze und das Erfassen von Korrelationen leicht möglich. Unter anderem lässt die Sortierfunktion der Table Lens die Visualisierung beliebig vieler Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Variablen und Patientengruppen zu.

Durch die Auswahl des CVM-Stadiums (CS1 und CS2, CS5 und CS6), des Geschlechtes (männlich), der Diagnose (regelrecht oder doppelseitige Spalten) und von spezifischen kephalometrischen Parametern erfolgt die interaktive Gruppenbildung und die visuelle Darstellung aller vorhandenen Datensätze. Die optische Differenzierung der Datensätze in den verschiedenen Gruppen erfolgt durch die Auswahl unterschiedlicher Farben (rot=Untersuchungsgruppe, violett=Kontrollgruppe). Folgende Strecken und Winkel wurden zusammen visualisiert:

<u>Vertikale kephalometrische Parameter</u>
NSBa (°), NL-NSL(°), ML-NSL (°), ML-NL (°), ArGoMe (°), NSGn (°)

<u>Sagittale kephalometrische Parameter</u>
Wits (mm), SNA (°), SNB (°), ANB (°), SNPg (°)

<u>Metrische kephalometrische Parameter</u>
S-N (mm), S-Go (mm), N-Me (mm), Spa-Spp (mm), Co-Gn (mm), Co-A (mm), Go-Me (mm)

<u>Vertikale und sagittale kephalometrische Parameter</u>
ML-NSL (°), Wits (mm), SNA (°), SNB (°), ANB (°), SNPg (°)

In der erscheinenden Maske „Visualisierung“ (Abbildung 6) wurden die Table Lens als Visualisierungstechnik ausgewählt. Jeder einzelne Querbalken repräsentiert den Datensatz eines Patienten oder eines Probanden. Die Länge des Balkens entspricht dem Datenwert eines Patienten/Probanden. Die Messwerte für die Variable sind durch Anklicken des gewünschten Parameters sortierbar. Die Sortierung aller vertikalen Datensätze nach der Größe des NSBa-Winkels beider Gruppen ist in der Abbildung 6

dargestellt. Das entstandene Balkendiagramm zeigt nach der Sortierung die Datensätze aller Individuen nach aufsteigender Größe des NL-NSL-Winkels an. Für alle anderen ausgewählten Parameter (Bsp. NL-NSL-, ML-NSL-, ML-NL-, ArGoMe- und NSGn-Winkel) ändern sich die Reihenfolgen der Datensätze und damit die Darstellung dieser Balkendiagramme automatisch. Die sich verändernde Form der Balkendiagramme lässt bestehende Korrelationen zwischen den ausgewählten Parametern leicht erkennen. Durch die Interaktivität des Programms sind einzelne Datensätze (Balken) am Bildschirm markierbar. Damit wird die Zuordnung zum dazugehörigen Datensatz in der darüber liegenden Datentabelle möglich (Abbildung 6). Die entstandenen Balkendiagramme wurden als Bilddatei (.bmp) exportiert und bearbeitet, da die vorher in der Maske angezeigten Parameter Alter und Geschlecht für die vorliegende Studie vernachlässigt werden können. Um die Reihenfolge der Datensätze den Probanden zuordnen zu können, speichert das Programm die dazugehörigen Datentabellen im .csv Format (Stahl 2007).

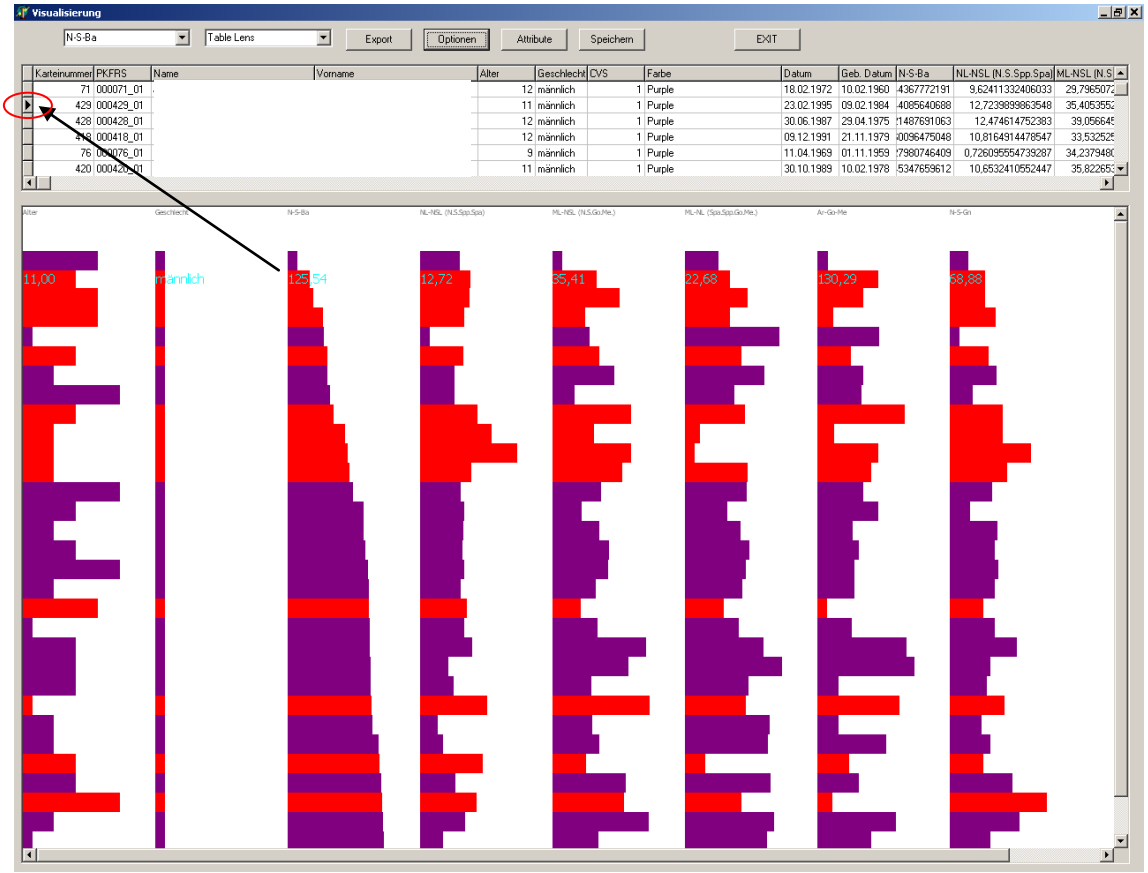

Abbildung 6
Darstellung der Table Lens und der dazugehörigen Datentabelle bei der Sortierung nach dem NSBa-Winkel mit Anzeige der Messwerte für einen ausgewählten Patienten

3.3 Statistische Analyse

Die Daten wurden mittels der Windows^{TM} basierten statistischen Software SPSS (Version 17.0, Chicago, IL, USA) analysiert. Die deskriptive Datenanalyse umfasste die Berechnung von Mittelwert [MW], Standardabweichung [SD], Maximum [Max] und Minimum [Min]. Mittels Kolmogorov-Smirnov-Test wurde auf Normalverteilung getestet. Anschließend wurde der T-Test (gepaarte Stichproben) für den statistischen Vergleich innerhalb der beiden Gruppen zum Zeitpunkt T1 und T2 angewendet. Der statistische Vergleich zwischen den beiden Gruppen zum Zeitpunkt T1 und T2 erfolgte mittels des T-Tests für unabhängige Stichproben. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0,05$ festgelegt.

3.4 Methodenfehlerbetrachtung

Alle Röntgenbilder der Patienten aus der Untersuchungsgruppe wurden im Abstand von einem Monat ein zweites Mal durchgezeichnet, digitalisiert und gepunktet. Die Berechnung des Methodenfehlers erfolgte mittels Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (Shrout und Fleiss 1979), der die innerhalb eines Probanden aufgetretene Varianz mit der Varianz zwischen den Probanden vergleicht. Diese Situation wird durch den Koeffizienten von 1 beschrieben. Nachfolgend ist die Berechnung des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten erläutert.

1. $$\text{VarKomp} = \frac{(\text{MSB} - \text{MSW})}{q}$$

2. $$\text{IKK} = \frac{\text{VarKomp}}{(\text{VarKomp} + \text{MSW})}$$

VarKomp =	Varianzkomponente
MSW =	Quadrat der Mittelwerte innerhalb der Probanden
MSB =	Quadrat der Mittelwerte zwischen den Probanden
IKK =	Intraklassen-Korrelationskoeffizient
q =	Anzahl der Wiederholungen

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Fehleranalyse

Mit Ausnahme von sechs linearen Parametern (Spa-Spp, Co-A, Go-Me, S-N, N-Spa, Spa-Me) lagen alle Intraklassen-Korrelationskoeffizienten über 0,924. Die mittlere Differenz der angulären und linearen Messwerte lag zwischen 0,01 und 0,53 Grad bzw. 0,01 und 0,82 Millimetern.

Die detaillierten Messwerte der Fehlerbetrachtung sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4
Fehlerbetrachtung der Untersuchungsgruppe für die kephalometrischen Parameter, Intraklassen-Korrelationskoeffizient

	Durchzeichnung 1 vs. 2 Zeitpunkt T1 (n = 19)		Durchzeichnung 1 vs. 2 Zeitpunkt T2 (n = 19)	
Parameter	mittlere Differenz	IKK	mittlere Differenz	IKK
Vertikal				
NSBa (°)	0,06	0,924	0,09	0,978
NL-NSL (°)	0,30	0,980	0,11	0,992
ML-NSL (°)	0,21	0,995	0,02	0,992
ML-NL (°)	0,53	0,988	0,12	0,967
ArGoMe (°)	0,40	0,984	0,65	0,992
NSAr (°)	0,34	0,978	0,12	0,984
NSGn (°)	0,15	0,989	0,09	0,991
Sagittal				
SNA (°)	0,12	0,992	0,07	0,990
SNB (°)	0,14	0,979	0,05	0,994
ANB (°)	0,01	0,961	0,12	0,987
Wits (mm)	0,66	0,963	0,23	0,973
SNPg (°)	0,23	0,968	0,11	0,993
Metrisch				
Spa-Spp (mm)	0,61	0,902	0,62	0,966
Co-A (mm)	0,82	0,989	0,72	0,800
Co-Gn (mm)	0,31	0,986	0,20	0,997
Go-Me (mm)	0,81	0,608	0,73	0,979
Co-Go (mm)	0,13	0,984	0,75	0,989
Ar-Gn (mm)	0,02	0,996	0,02	0,997
S-Ba (mm)	0,03	0,952	0,16	0,967
S-N (mm)	0,48	0,774	0,14	0,990
N-Spa (mm)	0,04	0,855	0,60	0,967
Spa-Me (mm)	0,25	0,861	0,36	0,990
N-Me (mm)	0,35	0,978	0,35	0,992
S-Go (mm)	0,31	0,989	0,01	0,994

4.2 Ergebnis der kephalometrischen Analyse

Die Ergebnisse der kephalometrischen Analyse werden in drei Abschnitte unterteilt:
- Vertikale Messwerte
- Sagittale Messwerte
- Metrische Messwerte.

Untersuchungsgruppe und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt T1 (CS1-2)
(Tabelle 5 und Tabelle 6)

Die Untersuchungsgruppe ist charakterisiert durch einen tendenziell retrognathen Profiltyp, eine Retroinklination und Anteposition des Oberkiefers, einen retroinklinierten und stark retropositionierten Unterkiefer, ein tendenziell vertikales Wachstumsmuster und eine skelettale Klasse II.

Die Kontrollgruppe zeigt zu Beginn des Beobachtungszeitraums einen tendenziell retrognathen Profiltyp, eine Orthoinklination und Orthoposition der Maxilla, einen retroinklinierten und leicht retropositionierten Unterkiefer bei tendenziell vertikalem Wachstumsmuster und skelttaler Klasse I.

Tabelle 5

Deskriptive Statistik und statistischer Vergleich für die kephalometrischen Messwerte in der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt T1 (CS1-2)

	Untersuchungsgruppe n = 19				Kontrollgruppe n = 14				
Parameter	MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max	p-Wert
Vertikal									
NSBa (°)	133,3	4,4	125,5	140,3	133,1	5,7	121,2	140,4	0,891
NL-NSL (°)	14,3	3,2	6,5	19,6	7,7	3,6	1,2	13,5	0,001***
ML-NSL (°)	37,4	4,4	26,7	46,3	37,1	3,9	31,3	44,8	0,826
ML-NL (°)	23,1	3,4	16,1	29,1	28,0	4,2	20,3	33,7	0,001***
ArGoMe (°)	127,1	5,1	116,3	135,1	128,1	4,6	120,2	136,7	0,569
NSGn (°)	71,6	3,5	66,9	79,8	69,0	3,0	63,0	73,9	0,036*
NSAr (°)	126,2	4,8	116,1	133,3	125,5	5,0	113,9	131,4	0,688
FHR (%)	62,2	3,6	55,7	72,5	62,5	3,1	55,7	72,5	0,773
Sagittal									
SNA (°)	84,0	4,5	75,4	94,3	81,2	3,6	75,6	88,0	0,071
SNB (°)	73,9	3,7	66,0	79,0	77,5	3,1	74,3	84,8	0,005**
ANB (°)	10,1	2,5	5,3	15,3	3,7	1,7	0,7	6,5	0,001***
Wits (mm)	7,0	3,2	0,2	11,8	-0,7	1,7	-3,8	2,0	0,001***
SNPg (°)	74,5	3,4	67,4	78,7	77,4	3,1	72,5	84,3	0,018**
Metrisch									
Spa-Spp (mm)	51,9	4,1	42,9	59,2	46,1	2,7	40,8	50,0	0,001***
Co-A (mm)	83,9	5,1	73,8	91,6	75,8	3,8	68,6	82,4	0,001***
Co-Gn (mm)	99,7	6,4	88,6	109,2	96,6	4,0	90,8	104,9	0,117
Diff. UK / OK (mm)	15,8	3,9	9,1	23,4	20,8	3,5	9,1	23,4	0,001***
Ar-Gn (mm)	94,9	5,7	84,7	105,1	90,5	4,0	84,7	105,1	0,020*
Co-Go (mm)	48,4	4,6	40,9	58,4	46,6	3,5	88,6	109,2	0,212
Go-Me (mm)	65,8	5,8	55,0	78,0	58,0	2,9	55,0	78,0	0,001***
S-N (mm)	65,0	3,7	57,7	69,6	60,8	2,7	56,7	65,9	0,001***
S-Ba (mm)	39,6	3,4	33,5	47,6	39,9	2,8	33,5	47,6	0,836
N-Spa (mm)	51,4	3,0	46,1	57,3	45,0	3,5	46,1	57,3	0,001***
Spa-Me	60,8	4,9	49,7	69,3	56,8	2,3	49,7	69,3	0,008**
N-Me (mm)	109,1	5,4	101,5	121,5	99,9	4,0	94,2	107,1	0,001***
S-Go (mm)	67,9	5,5	60,4	80,4	62,5	4,4	57,1	72,2	0,005**

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001

Vertikale Gesichtsschädelentwicklung

Die Mittelwerte des NSBa-Winkels, ML-NSL-Winkels und ArGoMe-Winkels sind in beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich.
Signifikante Unterschiede zeigen sich bei dem NL-NSL-Winkel (14,3° bzw. 7,7°), bei dem ML-NL-Winkel (23,1° bzw. 28,0°) und bei dem NSGn-Winkel (71,6 ° bzw. 69,0°) in der Untersuchungs- bzw. der Kontrollgruppe.

Sagittale Gesichtsschädelentwicklung

Der SNA-Winkel, der die sagittale Position des Oberkiefers in Bezug zur Schädelbasis beschreibt, ist, wie zu erwarten war, zu Beginn des Beobachtungszeitraums bei den bilateralen Spalten mit 84,0° vergrößert. Die Kinder der Kontrollgruppe weisen einen SNA-Winkel von 81,2° auf. Es besteht keine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen. Dagegen sind die anderen sagittalen Parameter statistisch signifikant unterschiedlich. Die Untersuchungsgruppe ist durch einen vergrößerten ANB (10,1°) und Wits-Wert (7,0mm) und einen verkleinerten SNB-Winkel (73,9°) und SNPg-Winkel (74,5°) charakterisiert.

Metrische Gesichtsschädelentwicklung

Die metrischen Werte weisen bis auf die Strecken Co-Gn (mm) und S-Ba (mm) signifikante Differenzen zwischen den Gruppen auf und zeigen bis auf S-Ba (mm) bei allen Parametern der Untersuchungsgruppe eine Verlängerung.
Es fällt auf, dass die Strecke S-Ba (anatomisch mittlere Schädelbasis), die Ausdruck für das Wachstum im hinteren Bereich des Mittelgesichtes ist, verhältnismäßig kürzer als die anderen metrischen Werte ausfällt.

Tabelle 6

Mittlere Differenz und p-Werte für die kephalometrischen Messwerte in der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt T1 (CS1-2)

	UG vs. KG T1 (CS1-2)	
Parameter	mittlere Differenz	p-Wert
Vertikal		
NSBa (°)	(+) 0,2	0,891
NL-NSL (°)	(+) 6,6	0,001***
ML-NSL (°)	(+) 0,3	0,826
ML-NL (°)	(−) 4,9	0,001***
ArGoMe (°)	(−) 1,0	0,569
NSGn (°)	(+) 2,6	0,036**
NSAr (°)	(+) 0,7	0,688
FHR (%)	(−) 0,3	0,773
Sagittal		
SNA (°)	(+) 2,8	0,071
SNB (°)	(−) 3,6	0,005**
ANB (°)	(+) 6,4	0,001***
Wits (mm)	(+) 7,7	0,001***
SNPg (°)	(−) 2,9	0,018**
Metrisch		
Spa-Spp (mm)	(+) 5,8	0,001***
Co-A (mm)	(+) 8,1	0,001***
Co-Gn (mm)	(+) 3,1	0,117
Diff. UK / OK (mm)	(−) 5,0	0,001***
Ar-Gn (mm)	(+) 4,4	0,020**
Co-Go (mm)	(+) 1,8	0,212
Go-Me (mm)	(+) 7,8	0,001***
S-N (mm)	(+) 4,2	0,001***
S-Ba (mm)	(−) 0,3	0,836
N-Spa (mm)	(+) 6,4	0,001***
Spa-Me (mm)	(+) 4,0	0,008**
N-Me (mm)	(+) 9,2	0,001***
S-Go (mm)	(+) 5,4	0,005**

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001

Untersuchungsgruppe und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt T2 (CS5-6) (Tabelle 7 und Tabelle 8)

Die Untersuchungsgruppe zeigt einen tendenziell retrognathen Profiltyp, eine Retroinklination und Retroposition des Oberkiefers, einen retroinklinierten und retropositionierten Unterkiefer, ein tendenziell vertikales Wachstumsmuster und eine leichte skelettale Klasse II. Die Kontrollgruppe ist gekennzeichnet durch einen orthognathen Profiltyp, eine Orthoinklination und Orthoposition der Maxilla, einen orthoinklinierten und orthopositionierten Unterkiefer bei tendenziell horizontalem Wachstumsmuster und skelttaler Klasse I.

Tabelle 7
Deskriptive Statistik und statistischer Vergleich für die kephalometrischen Messwerte in der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt T2 (CS5-6)

	Untersuchungsgruppe n = 19				Kontrollgruppe n = 14				
Parameter	MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max	p-Wert
Vertikal									
NSBa (°)	133,5	5,4	122,8	143,1	131,6	4,5	123,5	138,1	0,299
NL-NSL (°)	12,7	3,8	4,4	20,2	7,8	3,3	3,2	14,1	0,001***
ML-NSL (°)	35,9	6,1	22,1	47,3	34,8	4,2	27,8	41,7	0,565
ML-NL (°)	23,2	4,5	15,8	29,9	25,1	4,0	16,6	29,6	0,222
ArGoMe (°)	123,7	6,4	110,2	134,1	124,0	4,9	114,9	131,9	0,859
NSGn (°)	71,5	4,0	66,1	80,6	68,1	3,2	62,9	73,3	0,014*
NSAr (°)	126,4	4,9	115,2	132,7	125,3	4,1	117,3	131,0	0,500
FHR (%)	64,4	4,7	56,1	77,3	64,9	3,2	60,1	70,7	0,756
Sagittal									
SNA (°)	79,6	4,7	71,5	90,4	82,4	4,1	74,1	88,9	0,082
SNB (°)	75,0	4,2	65,2	81,0	79,6	3,0	73,3	84,5	0,002**
ANB (°)	4,6	3,3	-1,1	11,6	2,9	1,7	0,2	6,3	0,075
Wits (mm)	3,4	4,9	-4,8	12,1	-0,2	1,5	-2,5	2,3	0,013*
SNPg (°)	76,6	4,0	67,3	82,3	80,1	2,8	76,2	85,6	0,008**
Metrisch									
Spa-Spp (mm)	51,1	4,2	44,6	59,3	50,4	2,8	44,2	53,8	0,567
Co-A (mm)	88,4	5,8	75,9	97,2	85,2	5,4	74,3	92,8	0,111
Co-Gn (mm)	115,4	7,5	101,0	132,8	113,7	3,6	107,9	119,0	0,459
Diff. UK / OK (mm)	27,0	6,7	17,3	38,5	28,6	3,7	22,4	33,8	0,414
Ar-Gn (mm)	109,3	6,8	99,9	123,6	106,4	3,6	98,2	11,3	0,156
Co-Go (mm)	58,5	5,0	49,5	68,2	57,1	3,4	51,3	64,3	0,366
Go-Me (mm)	75,4	6,1	65,4	88,7	68,4	3,2	62,9	74,6	0,001***
S-N (mm)	70,4	3,7	61,8	79,8	66,8	3,4	61,0	72,7	0,009**
S-Ba (mm)	41,8	2,9	36,5	47,5	43,9	3,6	39,2	49,7	0,075
N-Spa (mm)	56,4	2,9	52,1	62,9	50,8	3,2	45,9	55,4	0,001***
Spa-Me (mm)	68,8	5,1	58,0	79,6	65,3	2,7	60,1	70,6	0,025*
N-Me (mm)	123,8	6,2	110,9	136,7	114,7	3,3	110,1	119,9	0,001***
S-Go (mm)	79,8	6,2	71,7	93,5	74,4	4,7	67,4	84,8	0,011*

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001

Vertikale Gesichtsschädelentwicklung

Die Mittelwerte der Winkel NSBa, ML-NSL, ML-NL und ArGoMe sind in beiden Gruppen zum Ende des Untersuchungszeitraumes nicht signifikant unterschiedlich. Der Y-Achsenwinkel (NSGn) ist bei der Untersuchungsgruppe mit 71,5° signifikant unterschiedlich zu 68,1° bei der Kontrollgruppe. Der NL-NSL-Winkel ist analog zu T1 bei der Untersuchungsgruppe mit 12,7° statistisch signifikant größer als in der Kontrollgruppe mit 7,8°.

Sagittale Gesichtsschädelentwicklung

Die Untersuchungsgruppe zeigt zu T2 einen signifikant kleineren SNB-Winkel (75,0°) und SNPg-Winkel (76,6°) im Vergleich mit der Kontrollgruppe. Der Wits-Wert (3,4mm) in der Untersuchungsgruppe ist vergrößert. Der SNA-Winkel von 79,6° ist in der Untersuchungsgruppe im Vergleich zu 82,4° bei der Kontrollgruppe verkleinert. Die Probanden der Untersuchungsgruppe weisen einen nicht signifikant vergrößerten ANB-Winkel von 4,6° im Vergleich zur Kontrollgruppe mit 2,9° auf.

Metrische Gesichtsschädelentwicklung

In der Untersuchungsgruppe finden sich signifikante Verlängerungen der Stecken S-N (vordere Schädelbasis), N-Me (vordere Gesichtshöhe), S-Go (hinteren Gesichtshöhe), Go-Me (Unterkieferlänge), N-Spa (vordere obere Gesichtshöhe) und Spa-Me (vordere untere Gesichtshöhe).
Bis auf die Strecke S-Ba (41,8mm vs. 43,9mm) haben sich die restlichen metrischen Parameter zum Zeitpunkt T2 in der Untersuchungsgruppe verlängert, aber nicht signifikant.

Tabelle 8

Mittlere Differenz und p-Werte für die kephalometrischen Messwerte in der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt T2 (CS5-6)

	UG vs. KG T2 (CS5-6)	
Parameter	mittlere Differenz	p-Wert
Vertikal		
NSBa (°)	(+) 1,9	0,299
NL-NSL (°)	(+) 4,9	0,001***
ML-NSL (°)	(+) 1,1	0,565
ML-NL (°)	(−) 1,9	0,222
ArGoMe (°)	(+) 0,3	0,859
NSGn (°)	(+) 3,4	0,014*
NSAr (°)	(+) 1,1	0,500
FHR (%)	(−) 0,5	0,756
Sagittal		
SNA (°)	(−) 2,8	0,082
SNB (°)	(−) 4,6	0,002**
ANB (°)	(+) 1,7	0,075
Wits (mm)	(+) 3,6	0,013*
SNPg (°)	(−) 3,5	0,008**
Metrisch		
Spa-Spp (mm)	(+) 0,7	0,567
Co-A (mm)	(+) 3,2	0,111
Co-Gn (mm)	(+) 1,7	0,459
Diff. UK / OK (mm)	(−) 1,6	0,414
Ar-Gn (mm)	(+) 2,9	0,156
Co-Go (mm)	(+) 1,4	0,366
Go-Me (mm)	(+) 7,0	0,001***
S-N (mm)	(+) 3,6	0,009**
S-Ba (mm)	(−) 2,1	0,075
N-Spa (mm)	(+) 5,6	0,001***
Spa-Me (mm)	(+) 3,5	0,025*
N-Me (mm)	(+) 9,1	0,001***
S-Go (mm)	(+) 5,4	0,011*

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001

Untersuchungsgruppe - Vergleich der Zeitpunkte T1 (CS1-2) vs. T2 (CS5-6) (Tabelle 9)

Vertikale Gesichtsschädelentwicklung

Der Schädelbasisknickungswinkel (NSBa), der Interbasenwinkel (ML-NL) und der Y-Achsen-Winkel (NSGn) sind während des gesamten Untersuchungszeitraumes nahezu unverändert geblieben.
Die Neigung des Mandibularplanums zur vorderen Schädelbasis (ML-NSL-Winkel) und zum Oberkieferplanum (NL-NSL-Winkel) und der ArGoMe-Winkel haben signifikant abgenommen und zeigen damit eine counter-clockwise Rotation des Unterkiefers. Die anteriore Rotation beträgt bei dem ML-NSL-Winkel 1,6°, bei dem NL-NSL-Winkel 1,5° und bei dem Gonionwinkel (ArGoMe) sogar 3,4°.

Sagittale Gesichtsschädelentwicklung

Alle untersuchten Parameter in der Sagittalen zeigen signifikante Veränderungen. Die sagittale Position des Oberkiefers in Relation zur vorderen Schädelbasis (SNA-Winkel) reduziert sich um 4,4° von 84,0° auf 79,6°. Der Wits-Wert zeigt eine ähnliche Abnahme (3,6mm) von anfänglich 7,0mm auf 3,4mm. Der ANB-Winkel reduziert sich von 10,1° auf 4,6°. Dies entspricht einer Abnahme um 5,5°.
Der SNB-Winkel (sagittale Lage des Unterkiefers in Relation zur vorderen Schädelbasis) nimmt um 1,1° zu und verändert sich von anfänglich 73,9° auf 75,0°. Im Untersuchungszeitraum nimmt der Winkel SNPg von 74,5° auf 76,6° im gleichen Umfang wie der SNB-Winkel zu.

Metrische Gesichtsschädelentwicklung

Außer der Oberkieferlänge (Spa-Spp) vergrößern sich bei den bilateralen Spalten über den Beobachtungszeitraum alle metrischen Parameter signifikant.
Die Mittelgesichtslänge (Co-A) nimmt von 83,9mm um 4,5mm auf 88,4mm und die vordere Schädelbasis in ähnlichem Umfang (5,4mm) von 65,0mm auf 70,4mm zu. Die effektive Unterkieferlänge (Co-Gn) vergrößert sich um 15,7mm von 99,7mm auf 115,4mm. Die vordere und hintere Gesichtshöhe zeigen einen Zuwachs von 14,7mm und 11,8mm.

Die Oberkieferlänge (Spa-Spp) ist, wie erwähnt, der einzige Wert, der keine statistisch signifikante Veränderung zeigt und sogar über den Beobachtungszeitraum leicht (0,8mm) abnimmt.

Tabelle 9
Vergleich T1 (CS1-2) vs. T2 (CS5-6) in der Untersuchungsgruppe für die geprüften kephalometrischen Parameter

	T1 (CS1-2)				T2 (CS5-6)				
Parameter	MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max	p-Wert
Vertikal									
NSBa (°)	133,3	4,4	125,5	140,3	133,5	5,4	122,8	143,1	0,796
NL-NSL (°)	14,3	3,2	6,5	19,6	12,7	3,8	4,4	20,2	0,013*
ML-NSL (°)	37,4	4,4	26,7	46,3	35,9	6,1	22,1	47,3	0,008**
ML-NL (°)	23,1	3,4	16,1	29,1	23,2	4,5	15,8	29,9	0,935
ArGoMe (°)	127,1	5,1	116,3	135,1	123,7	6,4	110,2	134,1	0,001***
NSGn (°)	71,6	3,5	66,9	79,8	71,5	4,0	66,1	80,6	0,814
NSAr (°)	126,2	4,8	116,1	133,3	126,4	4,9	115,2	132,7	0,732
FHR (%)	62,2	3,6	55,7	72,5	64,4	4,7	56,1	77,3	0,001***
Sagittal									
SNA (°)	84,0	4,5	75,4	94,3	79,6	4,7	71,5	90,4	0,001***
SNB (°)	73,9	3,7	66,0	79,0	75,0	4,2	65,2	81,0	0,006**
ANB (°)	10,1	2,5	5,3	15,3	4,6	3,3	-1,1	11,6	0,001***
Wits (mm)	7,0	3,3	0,2	11,8	3,4	4,9	-4,8	12,1	0,001***
SNPg (°)	74,5	3,4	67,4	78,7	76,6	4,0	67,3	82,3	0,001***
Metrisch									
Spa-Spp (mm)	51,9	4,1	42,9	59,2	51,1	4,2	44,6	59,3	0,140
Co-A (mm)	83,9	5,1	73,8	91,6	88,4	5,8	75,9	97,2	0,001***
Co-Gn (mm)	99,7	6,4	88,6	109,2	115,4	7,5	101,0	132,8	0,001***
Diff. UK / OK (mm)	15,8	3,9	9,1	23,4	27,0	6,7	17,3	38,5	0,001***
Ar-Gn (mm)	94,9	5,7	84,7	105,1	109,3	6,2	99,9	123,6	0,001***
Co-Go (mm)	48,4	4,6	40,9	58,4	58,5	5,0	49,5	68,2	0,001***
Go-Me (mm)	65,8	5,8	55,0	78,0	75,4	6,1	65,4	88,7	0,001***
S-N (mm)	65,0	3,7	57,7	69,6	70,4	3,8	61,8	79,8	0,001***
S-Ba (mm)	39,6	3,4	33,5	47,6	41,8	2,9	36,5	47,5	0,004**
N-Spa (mm)	51,7	3,1	46,1	57,3	56,4	2,9	52,1	62,9	0,001***
Spa-Me (mm)	60,8	4,9	49,7	69,3	68,8	5,1	58,0	79,6	0,001***
N-Me (mm)	109,1	5,4	101,5	121,5	123,8	6,2	110,9	136,7	0,001***
S-Go (mm)	67,9	5,5	60,4	80,4	79,7	6,0	71,7	93,5	0,001***

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001

Kontrollgruppe - Vergleich der Zeitpunkte T1 (CS1-2) vs. T2 (CS5-6) (Tabelle 10)

Vertikale Gesichtsschädelentwicklung

Bis auf den NL-NSL-Winkel liegen überall signifikante Unterschiede zwischen dem Anfangs- und Endwert vor.
Der Schädelbasisknickungswinkel (NSBa) verkleinert sich um 1,5° von 133,1° auf 131,6°.
Der Interbasenwinkel (ML-NL) und der Gonionwinkel (ArGoMe) reduzieren sich hoch signifikant um den Betrag 2,9° bzw. 4,1°. Der Winkel zwischen dem Unterkieferplanum und der vorderen Schädelbasis (ML-NSL) verringert sich um 2,3° von 37,1° auf 34,8° und auch der NSGn-Winkel nimmt um 0,9° ab.

Sagittale Gesichtsschädelentwicklung

Während des Beobachtungszeitraumes ist eine statistisch signifikante Zunahme im SNA-Winkel (1,2°) zu verzeichnen. Er erhöhte sich von 81,2° auf 82,4°. Signifikante puberale Wachstumszuwächse des Unterkiefers sind für den SNB-Winkel und den SNPg-Winkel von 2,1° bzw. 2,7° ermittelt worden. Damit verbunden reduziert sich der intermaxilläre ANB-Winkel um einen Betrag von 0,8° von 3,7° auf 2,9°. Der Wits-Wert nimmt nicht signifikant von -0,7mm auf -0,2mm zu.

Metrische Gesichtsschädelentwicklung

Ausnahmslos alle metrischen Parameter der Probanden der Kontrollgruppe nehmen signifikant in ihrer Länge über den Beobachtungszeitraum zu.
Die Oberkieferlänge (Spa-Spp) und die Mittelgesichtslänge (Co-A) vergrößern sich statistisch signifikant zur Ausgangslänge um 4,3mm bzw. 9,4mm. Die effektive Unterkieferlänge (Co-Gn) vergrößert sich um 17,1mm von 96,6mm auf 113,7mm.
Die vordere und hintere Gesichtshöhe zeigen eine Zuwachsrate von 14,8mm bzw. 11,9mm.

Tabelle 10

Vergleich T1 (CS1-2) vs. T2 (CS5-6) in der Kontrollgruppe für die geprüften kephalometrischen Parameter

	T1 (CS1-2)				T2 (CS5-6)				
Parameter	MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max	p-Wert
Vertikal									
NSBa (°)	133,1	5,6	121,2	140,4	131,6	4,5	123,5	138,1	0,035*
NL-NSL (°)	7,7	3,6	1,2	13,5	7,8	3,3	3,2	14,1	0,686
ML-NSL (°)	37,1	3,9	31,3	44,8	34,8	4,2	27,8	41,7	0,002**
ML-NL (°)	28,0	4,1	20,3	33,7	25,1	4,0	16,6	29,6	0,001***
ArGoMe (°)	128,1	4,6	120,2	136,7	124,0	4,9	114,9	131,9	0,001***
NSGn (°)	69,0	3,0	63,0	73,9	68,1	3,2	62,9	73,3	0,043*
NSAr (°)	125,5	5,1	113,9	131,4	125,3	4,1	117,3	131,0	0,734
FHR (%)	62,5	3,1	55,7	72,5	64,9	3,2	60,1	70,7	0,001***
Sagittal									
SNA (°)	81,2	3,6	75,6	88,0	82,4	4,1	74,1	88,9	0,007**
SNB (°)	77,5	3,1	74,3	84,8	79,6	3,0	73,3	84,5	0,001***
ANB (°)	3,7	1,7	0,7	6,5	2,9	1,7	0,2	6,3	0,001***
Wits (mm)	-0,7	1,7	-3,8	2,0	-0,2	1,5	-2,5	2,3	0,356
SNPg (°)	77,4	3,1	72,5	84,3	80,1	2,8	76,2	85,6	0,001***
Metrisch									
Spa-Spp (mm)	46,1	2,7	40,8	50,0	50,4	2,8	44,2	53,8	0,001***
Co-A (mm)	75,8	3,8	68,6	82,4	85,2	5,4	74,3	92,8	0,001***
Co-Gn (mm)	96,6	4,0	90,8	104,9	113,7	3,6	107,9	119,0	0,001***
Diff. UK / OK (mm)	20,8	3,5	9,1	23,4	28,6	3,7	22,4	33,8	0,001***
Ar-Gn (mm)	90,5	4,0	84,7	105,1	106,4	3,6	98,2	11,3	0,001***
Co-Go (mm)	46,6	3,5	88,6	109,2	57,1	3,4	51,3	64,3	0,001***
Go-Me (mm)	57,9	2,9	55,0	78,0	68,4	3,2	62,9	74,6	0,001***
S-N (mm)	60,8	2,7	56,7	65,9	66,8	3,4	61,0	72,7	0,001***
S-Ba (mm)	39,9	2,8	33,5	47,6	43,9	3,6	39,2	49,7	0,001***
N-Spa (mm)	45,0	3,5	46,1	57,3	50,8	3,2	45,9	55,4	0,001***
Spa-Me (mm)	56,8	2,3	49,7	69,3	65,3	2,7	60,1	70,6	0,001***
N-Me (mm)	99,9	4,0	94,2	107,1	114,7	3,3	110,1	119,9	0,001***
S-Go (mm)	62,5	4,4	57,1	72,2	74,4	4,7	67,4	84,8	0,001***

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001

Deskriptiver Vergleich der Wachstumsveränderungen zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe
(Tabelle 11)

Vertikale Veränderungen

Der Schädelbasisknickungswinkel (NSBa) und der Winkel NSGn bleiben in der Untersuchungsgruppe nahezu konstant und nehmen in der Kontrollgruppe um 1,5° bzw. 0,9° ab. Der Gonionwinkel (ArGoMe) und der ML-NSL-Winkel reduzieren sich in beiden Gruppen um 3,4° bzw. 1,5° in der Untersuchungs- und um 4,1° bzw. 2,3° in der Kontrollgruppe. Der Interbasenwinkel (ML-NL) bleibt in der Untersuchungsgruppe konstant und verkleinert sich um 2,9° in der Kontrollgruppe. Der Winkel zwischen Oberkieferplanum und der vorderen Schädelbasis (NL-NSL) verringert sich um 1,6° in der Untersuchungsgruppe und bleibt in der Kontrollgruppe konstant.

Sagittale Veränderungen

Die sagittale Lage des Oberkiefers (SNA-Winkel) unterscheidet sich stark zwischen den Gruppen. In der Untersuchungsgruppe muss eine Abnahme um 4,4° verzeichnet werden, dagegen sind in der Kontrollgruppe Zuwächse von 1,2° zu verzeichnen.
Die Winkel SNB und SNPg, die die sagittale Lage des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis und die Kinnprominenz beschreiben, vergrößern sich in beiden Gruppen. Allerdings sind die Zuwächse in der Kontrollgruppe mit 2,1° bzw. 2,7° größer als in der Untersuchungsgruppe mit jeweils 1,1°.
In der Untersuchungsgruppe nimmt der ANB-Winkel (5,5°) stark ab, dagegen reduziert er sich in der Kontrollgruppe nur um 0,8°. Ebenfalls reduziert sich der Wits-Wert (3,6mm) in der Untersuchungsgruppe stärker als in der Kontrollgruppe, hier ist sogar eine geringe Zunahme von 0,5mm zu verzeichnen.

Metrische Veränderungen

Neben der sagittalen Lage des Oberkiefers offenbart die Metrik des Oberkiefers die größten Diskrepanzen im Wachstum bei den Patienten mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten. Die Oberkieferlänge (Spa-Spp) nimmt über den Beobachtungszeitraum um 0,8mm in der Untersuchungsgruppe ab und zeigt bei der Kontrollgruppe einen Zuwachs von 4,3mm. Bei der Mittelgesichtslänge (Co-A) können

in beiden Gruppen Zuwächse verzeichnet werden, wobei die der Kontrollgruppe mit 9,4mm doppelt so groß sind wie die der Untersuchungsgruppe mit 4,5mm. Die Strecke S-Ba nimmt in der Untersuchungsgruppe nur um die Hälfte zu und deutet damit eine Wachstumshemmung in der Vertikalen in diesem Bereich an. Die Vergrößerung der effektiven Unterkieferlänge (Co-Gn) ist mit 15,7mm bzw. 17,1mm in der Untersuchungs- bzw. Kontrollgruppe vergleichbar. Die Strecken der vorderen Schädelbasis (S-N) und die der vorderen (N-Me) und hinteren Gesichtshöhe (S-Go) weisen nahezu identische Zuwächse auf.

Tabelle 11
Deskriptive Statistik für die Wachstumsveränderungen der kephalometrischen Messwerte zwischen der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe

	Untersuchungsgruppe	Kontrollgruppe
Parameter	Differenz T2 - T1	Differenz T2 - T1
Vertikal		
NSBa (°)	− 0,2	− 1,5
NL-NSL (°)	− 1,6	+ 0,1
ML-NSL (°)	− 1,5	− 2,3
ML-NL (°)	+ 0,1	− 2,9
ArGoMe (°)	− 3,4	− 4,1
NSGn (°)	− 0,1	− 0,9
NSAr (°)	+ 0,2	− 0,2
FHR (%)	+ 2,2	+ 2,4
Sagittal		
SNA (°)	**− 4,4**	**+ 1,2**
SNB (°)	+ 1,1	+ 2,1
ANB (°)	**− 5,5**	**− 0,8**
Wits (mm)	**− 3,6**	**+ 0,5**
SNPg (°)	+ 1,1	+ 2,7
Metrisch		
Spa-Spp (mm)	**− 0,8**	**+ 4,3**
Co-A (mm)	+ 4,5	+ 9,4
Co-Gn (mm)	+ 15,7	+ 17,1
Diff. UK / OK (mm)	+ 11,2	+ 7,8
Ar-Gn (mm)	+ 14,4	+ 15,9
Co-Go (mm)	+ 10,1	+ 10,5
Go-Me (mm)	+ 9,6	+ 8,5
S-N (mm)	+ 5,4	+ 6,0
S-Ba (mm)	**+ 2,2**	**+ 4,0**
N-Spa (mm)	+ 4,7	+ 5,8
Spa-Me (mm)	+ 8,0	+ 8,5
N-Me (mm)	+ 14,7	+ 14,8
S-Go (mm)	+ 11,8	+ 11,9

4.3 Ergebnisse der Tensoranalyse

Die Ergebnisse der Tensoranalyse werden nach ausgewählten anatomischen Bereichen dargestellt:

Oberkiefer	Unterkiefer	Intermaxillär	Gesichtshöhen
Δ SNA	Δ ArGoMe	Δ SppAB	Δ SNMe
Δ SBaSpp		Δ GoAB	Δ SGoN

Bei den tensoranalytischen Ergebnissen wird die Longitudinalentwicklung ausgehend von dem präpuberalen CVM-Stadium (CS1-2) bis zum postpuberalen Stadium (CS5-6) zwischen den Gruppen beschrieben. Durch die ausgewählten Dreiecke soll ein Eindruck über die Wachstumsprozesse bei Spaltpatienten und Nichtspaltträgern in bestimmten Regionen des Gesichtsschädels vermittelt werden.
Die Dreiecke und die Dilatationen (D1 und D2) der Untersuchungsgruppe (rot) und der Kontrollgruppe (violett) sind in die Abbildungen unter Berücksichtigung der Ausrichtung der Winkel α und β eingezeichnet.

4.3.1 Oberkiefer

∆ SNA

Das Dreieck charakterisiert den Bereich des vorderen Mittelgesichtsbereiches gegenüber der vorderen Schädelbasis.

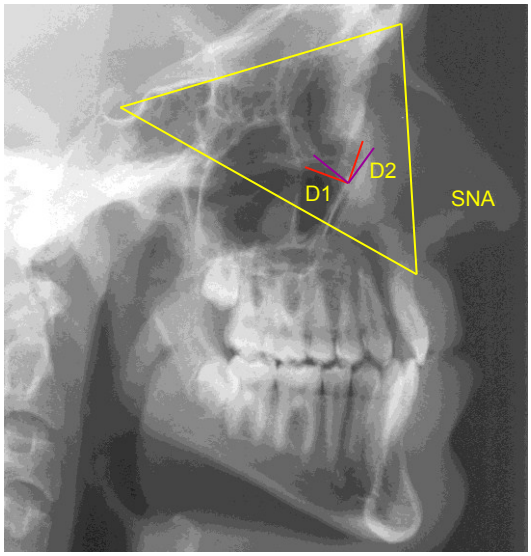

Abbildung 7
Dreieck SNA – Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 anhand der Winkel α und β der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett)

Tabelle 12
Dreieck SNA – Statistischer Vergleich der Dilatationen D1 und D2 und deskriptive Statistik der Winkel α und β zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	∆ SNA								
	Untersuchungsgruppe				Kontrollgruppe				
Parameter	MW	SD	Min	Max	MW	SD	Min	Max	p-Wert
Dilatation 1	1,044	0,03	0,99	1,10	1,135	0,05	1,05	1,23	0,001**
Dilatation 2	1,136	0,61	1,00	1,26	1,106	0,03	1,06	1,16	0,098
Winkel α	35,8	15,1	5,9	59,1	53,5	26,5	9,8	87,3	n.s.
Winkel β	54,2	15,1	31,0	84,2	36,5	26,5	2,7	80,2	n.s.

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = nicht signifikant

In der sagittal gerichteten Dilatation D1 ist der einzige hochsignifikante Unterschied zwischen den Gruppen vorhanden (Tabelle 12). Die D1 nimmt in der Kontrollgruppe um 13,5% zu, wogegen in der Untersuchungsgruppe nur eine Vergrößerung um 4,4% ersichtlich ist. Dies entspricht der in der kephalometrischen Analyse herausgestellten Reduzierung des SNA-Winkels und unterstreicht die Wachstumshemmung in diesem Bereich. Für die Zuwächse in der vertikal gerichteten Dilatation D2 können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abbildung 7 und Tabelle 12).

∆ SBaSpp

Das Dreieck bringt die wachstumsbedingten Veränderungen zwischen der hinteren Schädelbasis und dem Mittelgesicht zum Ausdruck.

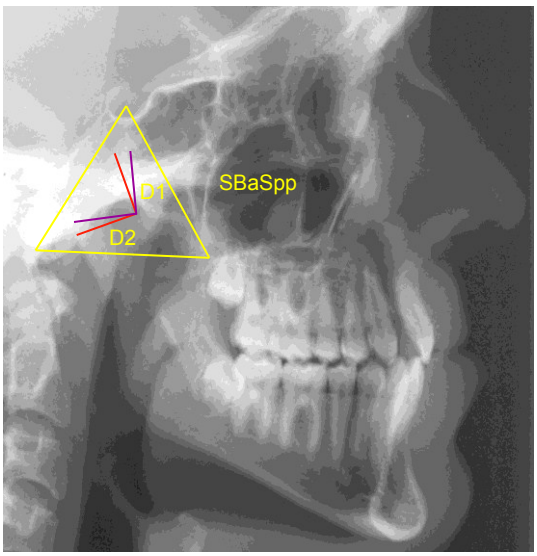

Abbildung 8
Dreieck SBaSpp – Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 der Winkel α und β der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett)

Tabelle 13
Dreieck SBaSpp – Statistischer Vergleich der Dilatationen D1 und D2 und deskriptive Statistik der Winkel α und β zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	∆ SBaSpp								
	Untersuchungsgruppe				Kontrollgruppe				
Parameter	Mittelwert	SD	Min	Max	Mittelwert	SD	Min	Max	p-Wert
Dilatation 1	1,149	0,11	0,94	1,35	1,137	0,06	1,03	1,23	0,719
Dilatation 2	1,050	0,11	0,91	1,35	1,105	0,08	0,96	1,25	0,135
Winkel α	49,4	21,2	0,7	74,1	38,8	28,7	2,8	89,1	n.s.
Winkel β	40,6	21,2	15,9	89,3	51,2	28,7	0,9	87,2	n.s.

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = nicht signifikant

Die sagittal gerichtete D2 zeigt trotz einer doppelt so großen Zuwachsrate in der Kontrollgruppe (10,5%) zur Untersuchungsgruppe (5,0%) keine statistisch signifikanten Unterschiede. Das Ausmaß des Wachstums in der vertikalen Dilatation D1 ist in beiden Gruppen vergleichbar. Die klare vertikale und sagittale Ausrichtung (Winkel α und β) des Wachstums in der Kontrollgruppe ist in der Untersuchungsgruppe nicht so ausgeprägt (Abbildung 8 und Tabelle 13).

4.3.2 Unterkiefer

∆ ArGoMe

Das Dreieck beschreibt die Veränderungen des Unterkieferwachstums in fast seiner gesamten Ausdehnung.

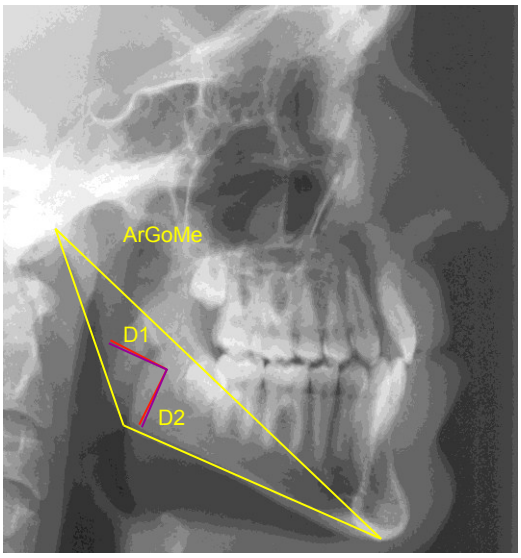

Abbildung 9
Dreieck ArGoMe – Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 der Winkel α und β der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett)

Tabelle 14
Dreieck ArGoMe – Statistischer Vergleich der Dilatationen D1 und D2 und deskriptive Statistik der Winkel zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	∆ **ArGoMe**								
	Untersuchungsgruppe				Kontrollgruppe				
Parameter	Mittelwert	SD	Min	Max	Mittelwert	SD	Min	Max	p-Wert
Dilatation 1	1,167	0,16	1,05	1,78	1,177	0,04	1,10	1,24	0,029*
Dilatation 2	1,279	0,08	1,13	1,43	1,342	0,11	1,11	1,53	0,061
Winkel α	46,5	18,6	1,8	68,1	44,8	13,3	16,7	61,4	n.s.
Winkel β	43,5	18,6	21,9	88,2	45,2	13,3	28,6	73,3	n.s

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = nicht signifikant

Die Entwicklung der sagittal gerichteten D1 im Vergleich mit der Kontrollgruppe zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied, trotz nur einem Prozent Differenz. Dies spricht dafür, dass die Einheitlichkeit, das Unterkieferwachstum betreffend, innerhalb der Gruppen sehr groß ist. Das vertikal gerichtete Wachstum der D2 ist etwas geringer in der Untersuchungsgruppe, aber gerade nicht signifikant.
Die Ausrichtung der Dilatationen (Winkel α und β) sind in beiden Gruppen nahezu identisch (Abbildung 9 und Tabelle 14).

4.3.3 Intermaxillär

∆ SppAB

Das Dreieck spiegelt die Entwicklung der intermaxillären Beziehungen relativ zum Oberkieferplanum wieder.

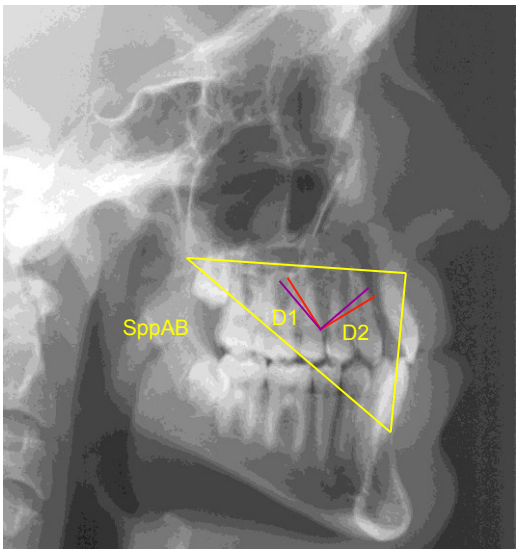

Abbildung 10
Dreieck SppAB – Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 der Winkel α und β der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett)

Tabelle 15
Dreieck SppAB – Statistischer Vergleich der Dilatationen D1 und D2 und deskriptive Statistik der Winkel α und β zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	∆ SppAB								
	Untersuchungsgruppe				Kontrollgruppe				
Parameter	Mittelwert	SD	Min	Max	Mittelwert	SD	Min	Max	p-Wert
Dilatation 1	1,121	0,11	0,90	1,33	1,159	0,06	1,06	1,24	0,236
Dilatation 2	1,002	0,12	0,86	1,44	1,075	0,05	0,98	1,20	0,046*
Winkel α	52,0	22,9	3,0	76,4	44,4	21,5	1,0	76,8	n.s.
Winkel β	38,0	22,9	13,7	87,0	45,6	21,5	13,2	89,0	n.s.

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = nicht signifikant

Die vertikal gerichtete Dilatation D2 zeigt in der Kontrollgruppe eine statistisch signifikant reduzierte Entwicklung. Es ist eine Wachstumshemmung und eine Reduzierung im Bereich der Spina nasalis posterior sichtbar. Beide Dilatationen sind nicht klar in ihrer sagittalen und vertikalen Ausrichtung einzuordnen. Die D1 ist sagittal-anterior und die D2 sagittal-posterior ausgerichtet (Abbildung 10 und Tabelle 15).

∆ GoAB

Das Dreieck charakterisiert die Entwicklung der intermaxillären Beziehungen bezogen auf den Unterkiefer.

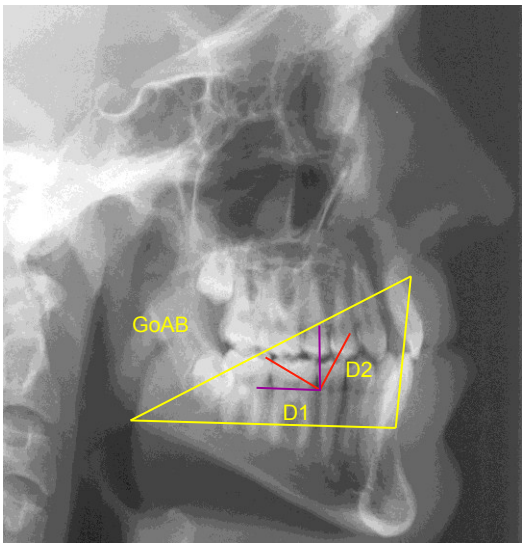

Abbildung 11
Dreieck GoAB – Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 der Winkel α und β der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett)

Tabelle 16
Dreieck GoAB – Statistischer Vergleich der Dilatationen D1 und D2 und deskriptive Statistik der Winkel α und β zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	∆ GoAB								
	Untersuchungsgruppe				Kontrollgruppe				
Parameter	Mittelwert	SD	Min	Max	Mittelwert	SD	Min	Max	p-Wert
Dilatation 1	1,140	0,11	0,78	1,26	1,160	0,05	1,09	1,24	0,513
Dilatation 2	1,089	0,14	0,94	1,50	1,111	0,07	1,00	1,20	0,602
Winkel α	55,8	25,7	1,7	85,7	28,0	16,5	3,6	51,2	n.s.
Winkel β	34,2	25,7	4,3	88,3	62,0	16,5	38,8	86,4	n.s.

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = nicht signifikant

Sowohl die Zuwächse der sagittal ausgerichteten D1 als auch der vertikal gerichteten D2 sind in der Kontrollgruppe nicht signifikant, aber leicht reduziert. Das deutlich horizontale Wachstum kommt bei der Kontrollgruppe in der Ausrichtung der Dilatation D2 zum Ausdruck. Die Untersuchungsgruppe zeigt eine mehr vertikale Rotation (Abbildung 11 und Tabelle 16).

4.3.4 Gesichtshöhen

Δ SNMe

Das Dreieck repräsentiert das Wachstum im Bereich der vorderen Schädelbasis und der vorderen Gesichtshöhe.

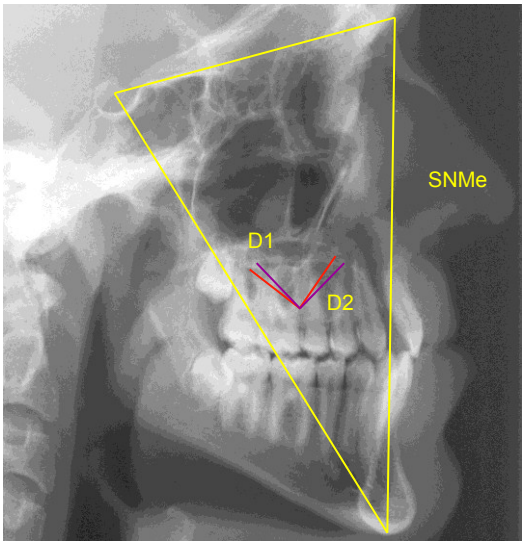

Abbildung 12
Dreieck SNMe – Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 der Winkel α und β der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett)

Tabelle 17
Dreieck SNMe – Statistischer Vergleich der Dilatationen D1 und D2 und deskriptive Statistik der Winkel α und β zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	Δ SNMe								
	Untersuchungsgruppe				Kontrollgruppe				
Parameter	Mittelwert	SD	Min	Max	Mittelwert	SD	Min	Max	p-Wert
Dilatation 1	1,130	0,61	1,04	1,26	1,170	0,05	1,05	1,24	0,060
Dilatation 2	1,096	0,05	1,03	1,21	1,104	0,03	1,06	1,17	0,569
Winkel α	53,1	34,5	1,9	89,3	60,0	21,4	3,8	84,7	n.s
Winkel β	36,9	34,5	0,7	88,1	30,0	21,4	5,3	86,2	n.s.

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = nicht signifikant

Die sagittal gerichtete D1 weist gerade keinen signifikanten Unterschied mehr auf. Das Dreieck hat in seiner D1 aber zumindest Anteile an dem Bereich, wo sich wachstumshemmende Einflüsse auch in der Metrik bemerkbar gemacht haben. Die vertikal gerichtete D2 ist nicht signifikant unterschiedlich und spricht dafür, dass die Wachstumshemmung sich nicht so sehr im vorderen Bereich auswirkt. Die Ausrichtungen der Dilatationen sind für die Untersuchungs- und Kontrollgruppe vergleichbar (Abbildung 12 und Tabelle 17).

∆ SGoN

Das Dreieck spiegelt die wachstumsbedingten Veränderung im Bereich der hinteren Gesichtshöhe und der vorderen Schädelbasis wieder.

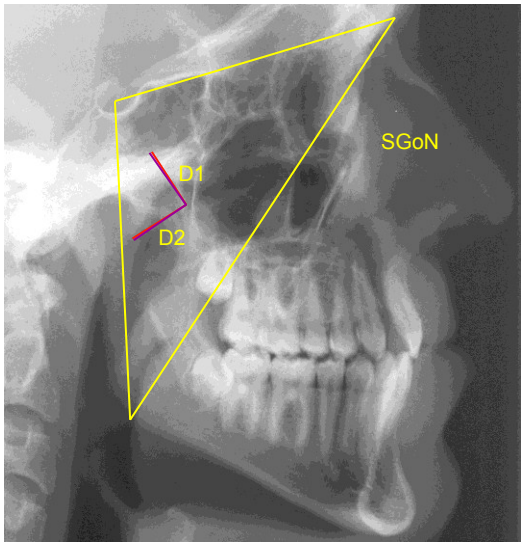

Abbildung 13
Dreieck SGoN – Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 der Winkel α und β der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett)

Tabelle 18
Dreieck SGoN – Statistischer Vergleich der Dilatationen D1 und D2 und deskriptive Statistik der Winkel α und β zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

	∆ SGoN								
	Untersuchungsgruppe				Kontrollgruppe				
Parameter	Mittelwert	SD	Min	Max	Mittelwert	SD	Min	Max	p-Wert
Dilatation 1	1,149	0,70	1,03	1,28	1,190	0,08	1,09	1,29	0,119
Dilatation 2	1,101	0,05	1,04	1,22	1,125	0,06	1,04	1,25	0,206
Winkel α	31,1	33,4	0,8	89,2	32,6	33,3	0,9	83,8	n.s.
Winkel β	58,9	33,4	0,9	89,2	57,4	33,3	6,2	89,1	n.s.

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001; n.s. = nicht signifikant

Bei der Verschiedenartigkeit der Spaltpatienten kann man nicht nur auf die Signifikanzen schauen. Es bestehen bei den Wachstumszuwächsen keine statistisch signifikanten Unterschiede, obwohl sich die Zuwächse der Dilatation D1 (vertikal) um 4,1% unterscheiden. Sie spiegelt damit den Bereich wieder, in dem man mit Entwicklungshemmungen rechnen muss. Die Ausrichtung der Dilatationen (Winkel α und β) sind in beiden Gruppen vergleichbar (Abbildung 13 und Tabelle 18).

4.4 Ergebnisse der Visualisierung

Die Balkendiagramme der Untersuchungs- (rot) und Kontrollgruppe (violett) werden in den Abbildungen 14 bis 29 zu den Zeitpunkten CS1-2 (präpuberal) und CS5-6 (postpuberal) dargestellt.
Jeder Balken zeigt zusätzlich den Zahlenwert der Messung an, da die Balkenlängen nur innerhalb eines Zeitpunktes vergleichbar sind. Die Reihenfolge der Patienten ändert sich mit der jeweiligen Sortierung, z.B. Abbildung 15 und Abbildung 16. Innerhalb der dargestellten Table Lens wurde sowohl auf das Alter (Gruppierung nach der skelettalen Reife) als auch auf das Geschlecht (ausschließlich männliche Probanden) verzichtet.
Die Table Lens werden nach vertikalen, sagittalen und metrischen Parametern dargestellt. Zur Kontrolle, ob ein Zusammenhang oder Einfluss des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus besteht, wurde die Sagittalentwicklung in Abhängigkeit von der unterschiedlichen Größe der Neigung der Schädelbasis zur Mandibularebene (ML-NSL-Winkels) geprüft (Abbildung 28 und Abbildung 29). Es wird sich im Folgenden auf die Darstellung ausgewählter Table Lens beschränkt. Weitere ungekürzte Darstellungen der erstellten Table Lens sind im Anhang (Seite I-XI) dargestellt.

Vertikale kephalometrische Parameter

Abbildung 14 zeigt die Patienten in alphabetischer Reihenfolge ohne Sortierung. Wird der Parameter ML-NSL-Winkel nach seiner Größe sortiert, erkennt man in Abbildung 16 eine Durchmischung der Untersuchungs- und Kontrollgruppe. Patienten aus der Untersuchungsgruppe sind ähnlich verteilt wie die Probanden der Kontrollgruppe. Anders verhält es sich bei Parametern, die die Länge der Oberkieferbasis (z.B. NL NSL-Winkel) enthalten (Abbildung 15). Die Probanden der Kontrollgruppe sind mehrheitlich von denen der Untersuchungsgruppe getrennt, das heißt eine posteriore Rotation der Oberkieferbasis in der Untersuchungsgruppe ist ein mögliches „typisches“ Kriterium für die bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten.
Eine Sortierung nach Ähnlichkeit der Probanden (Abbildung 17) lässt zum Untersuchungszeitpunkt CS1-2 die Kontrollgruppe weitgehend im Mittelfeld rangieren. Die Patienten der Untersuchungsgruppe finden sich sowohl im eher vertikal wie horizontal gerichteten Bereich. Diese deutliche Trennung ist zum Untersuchungszeitpunkt CS5-6 nicht mehr vorhanden. Spaltträger und Nichtspaltträger sind über die gesamte Gruppe eher gleichmäßig verteilt.

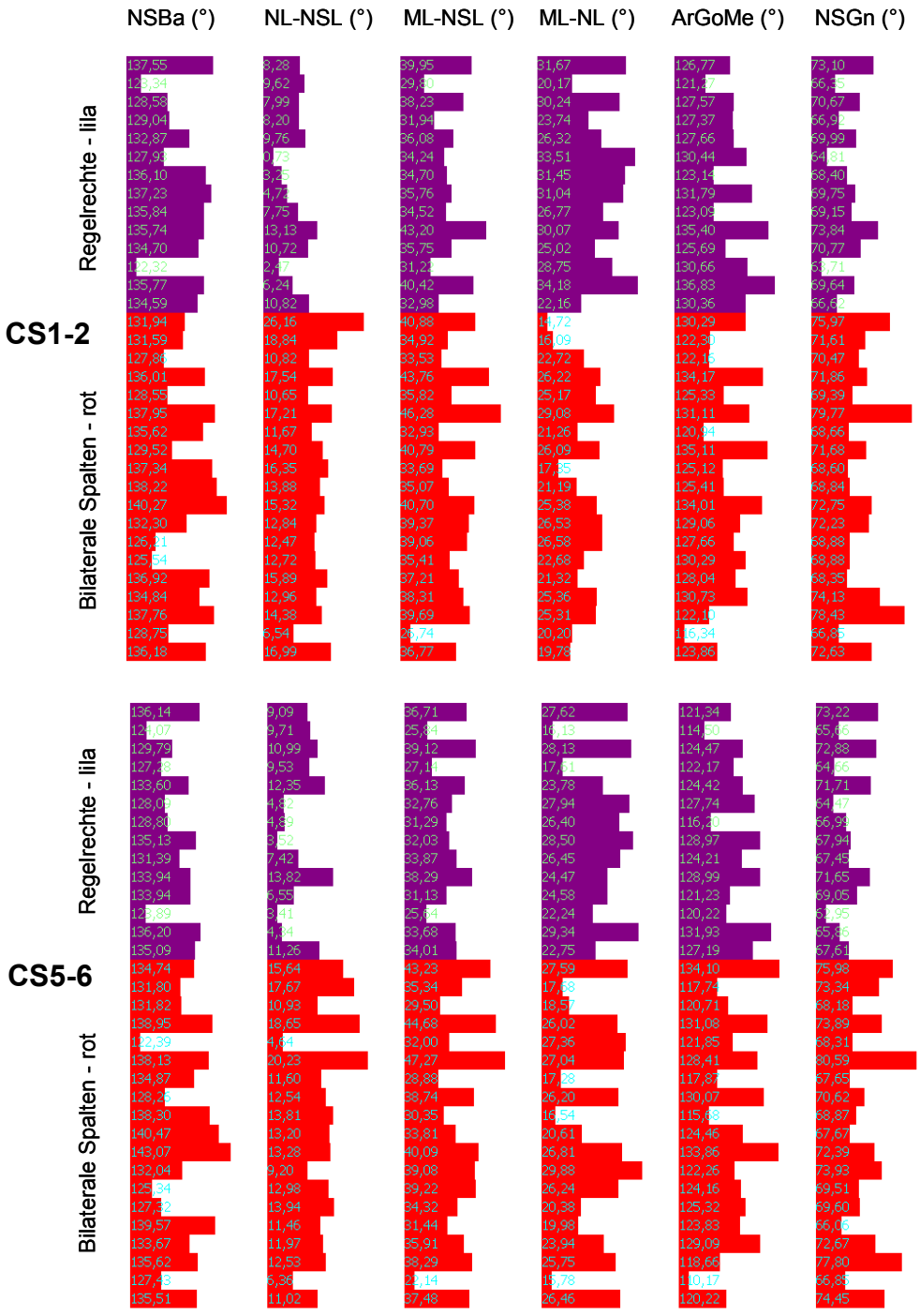

Abbildung 14
Vertikale Parameter – Table Lens der Probanden der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) in alphabetischer Reihenfolge

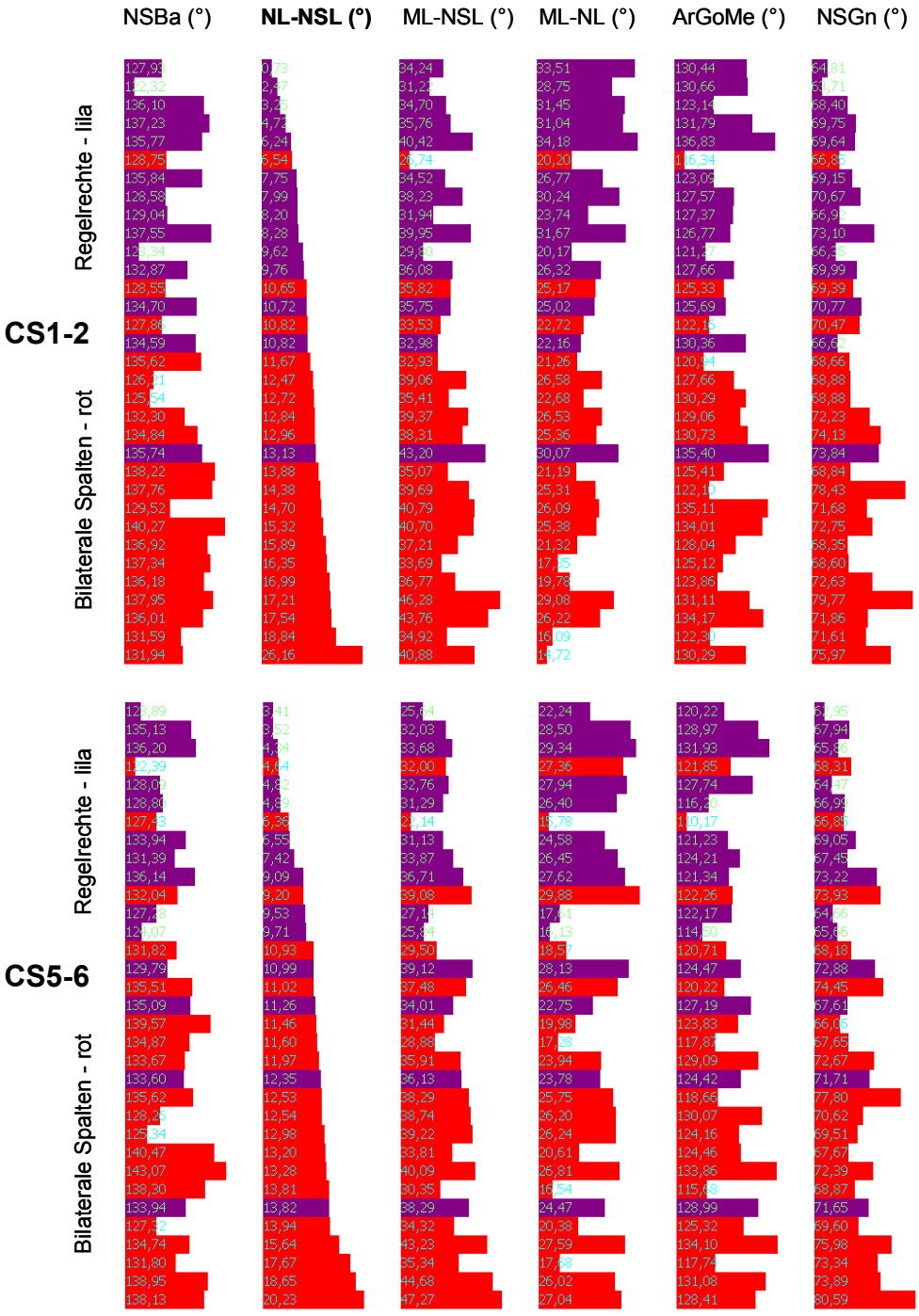

Abbildung 15
Vertikale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel NL-NSL (°)

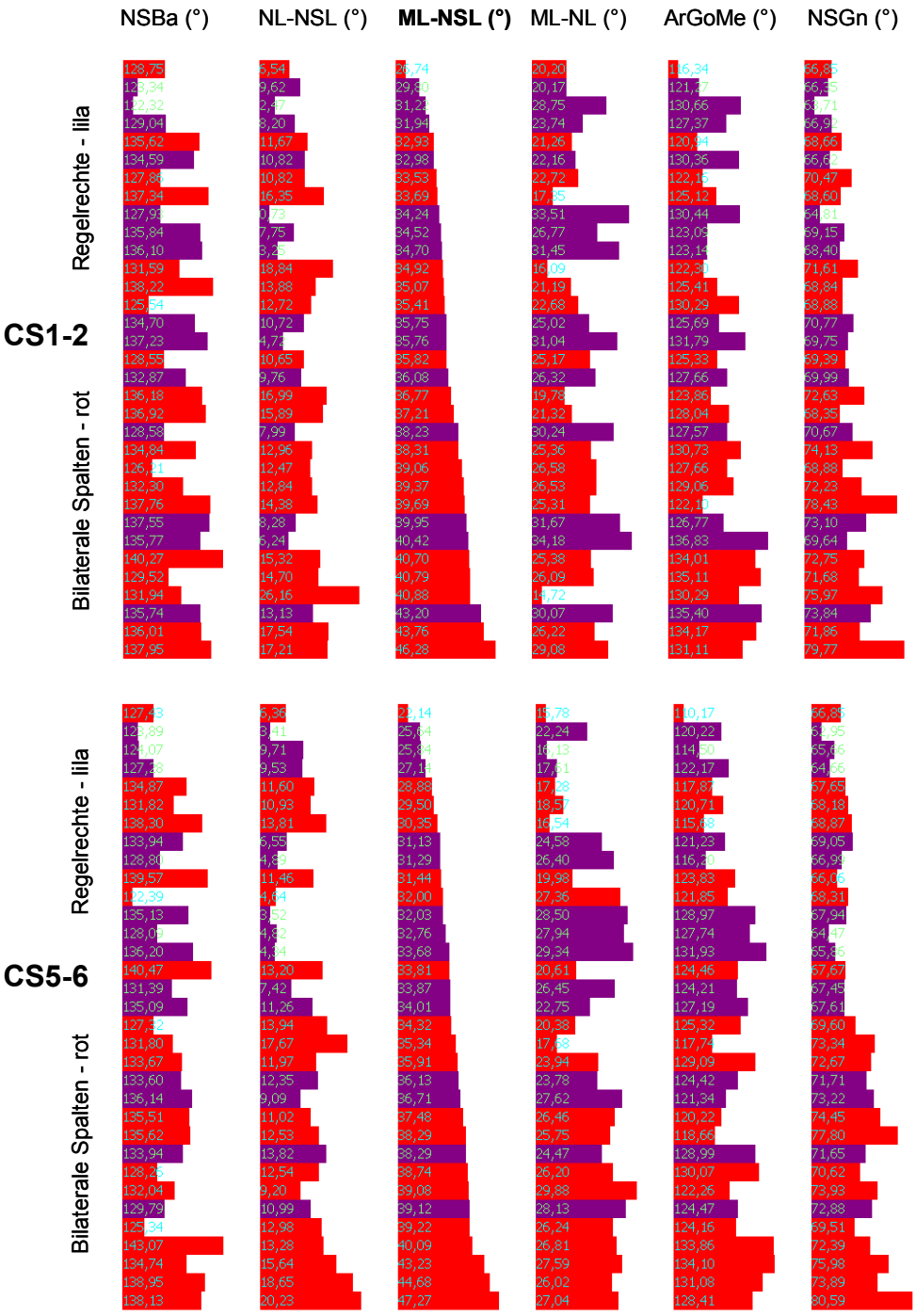

Abbildung 16
Vertikale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel ML-NSL (°)

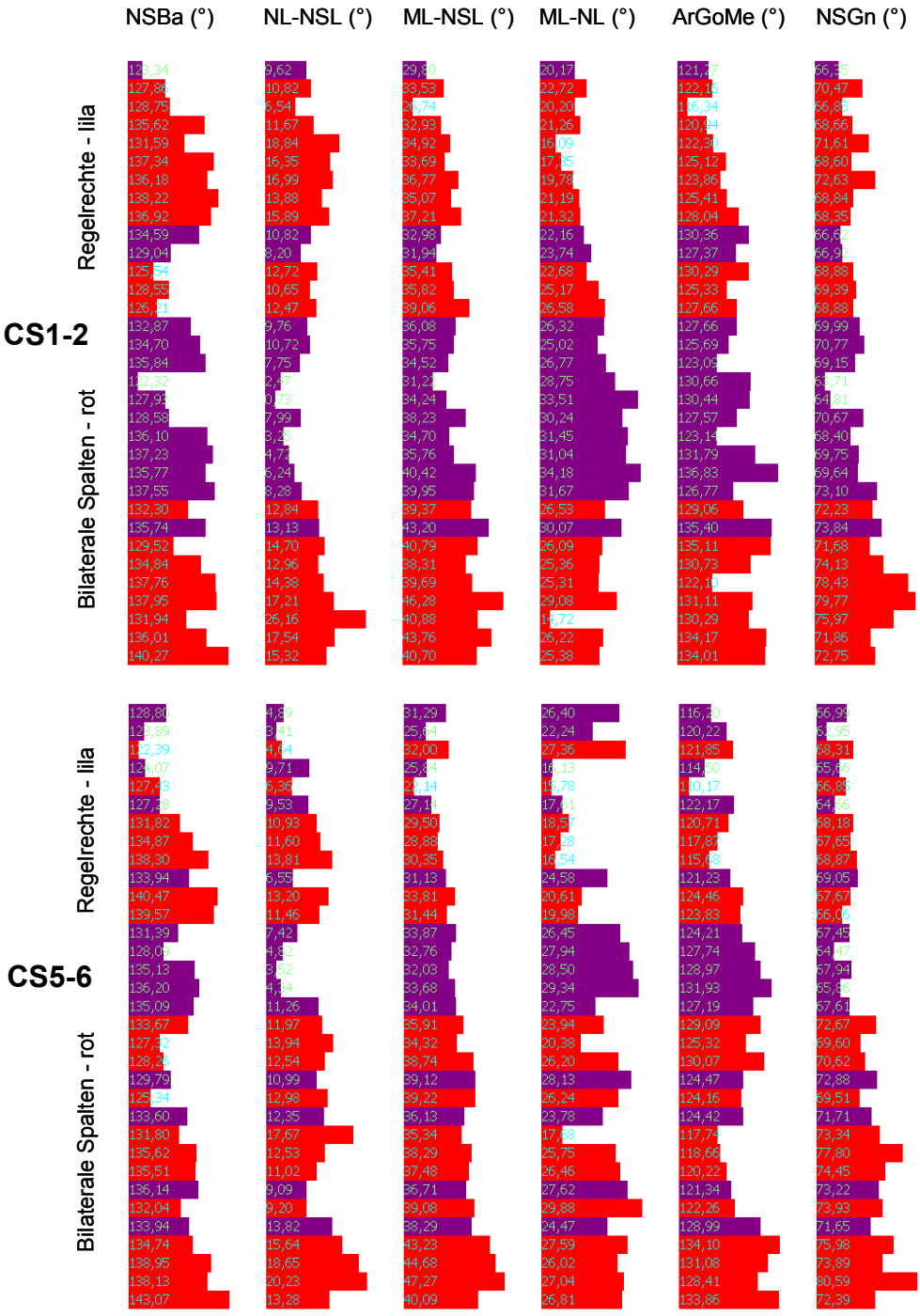

Abbildung 17
Vertikale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Ähnlichkeit der Probanden

Sagittale kephalometrische Parameter

Nach der Größe des SNA-Winkels sortiert (Abbildung 18), ergibt sich zum Zeitpunkt CS1-2 ein Bild relativ gleichmäßiger Durchmischung der Probanden beider Gruppen. Eingeschränkt trifft dies auch noch auf den Zeitpunkt CS5-6 zu. Relativ kompakt sind die Probanden der Kontrollgruppe im Bereich großer SNA-Winkel vertreten.

Dagegen weisen die Probanden der Untersuchungsgruppe bei CS1-2 nahezu einheitlich größere Wits-Werte und ANB-Winkel auf (Abbildung 20). Beim Zeitpunkt CS5-6 ist die Trennung nicht mehr so klar. Das heißt, beide Werte (Wits-Wert und ANB-Winkel) sind bei Spaltträgern auffallend kleiner geworden, diese Abnahme ist als gesetzmäßig anzusehen.

Der SNB-Winkel zeigt zu beiden Untersuchungszeitpunkten für die Mehrheit der Probanden der Untersuchungsgruppe kleinere Werte. Das trifft auch für den SNPg-Winkel zu (Abbildung 19).

Die Abbildung 21 repräsentiert die Ähnlichkeit des sagittalen Gesichtsschädelaufbaus. Zum Zeitpunkt CS1-2 ergibt sich eine sehr deutliche Trennung beider Gruppen. Am Ende der Beobachtung (CS5-6) hat sich eine Durchmischung beider Gruppen ergeben, auch wenn Probanden der Kontrollgruppe sich mehrheitlich in der Mitte der Table Lens bewegen.

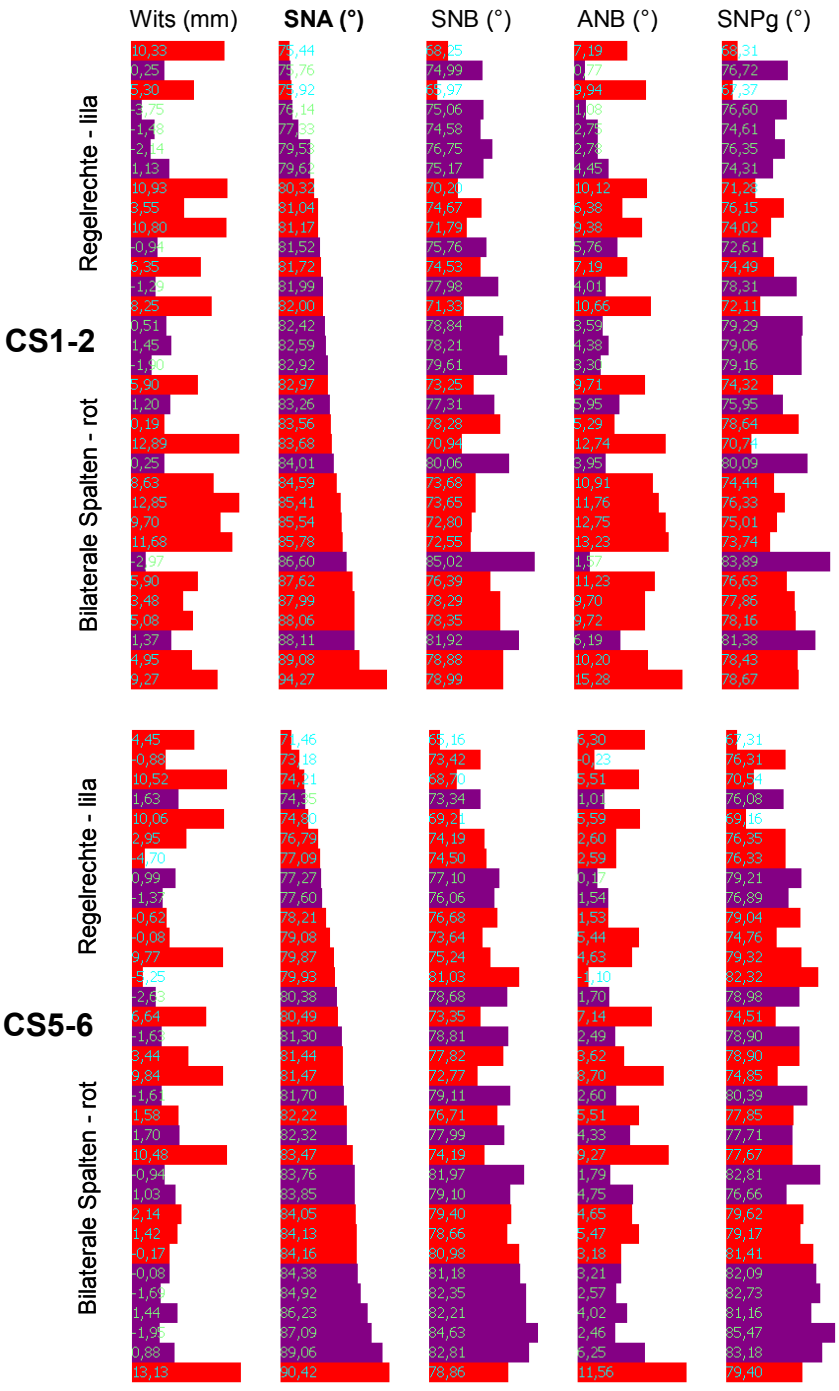

Abbildung 18
Sagittale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel SNA (°)

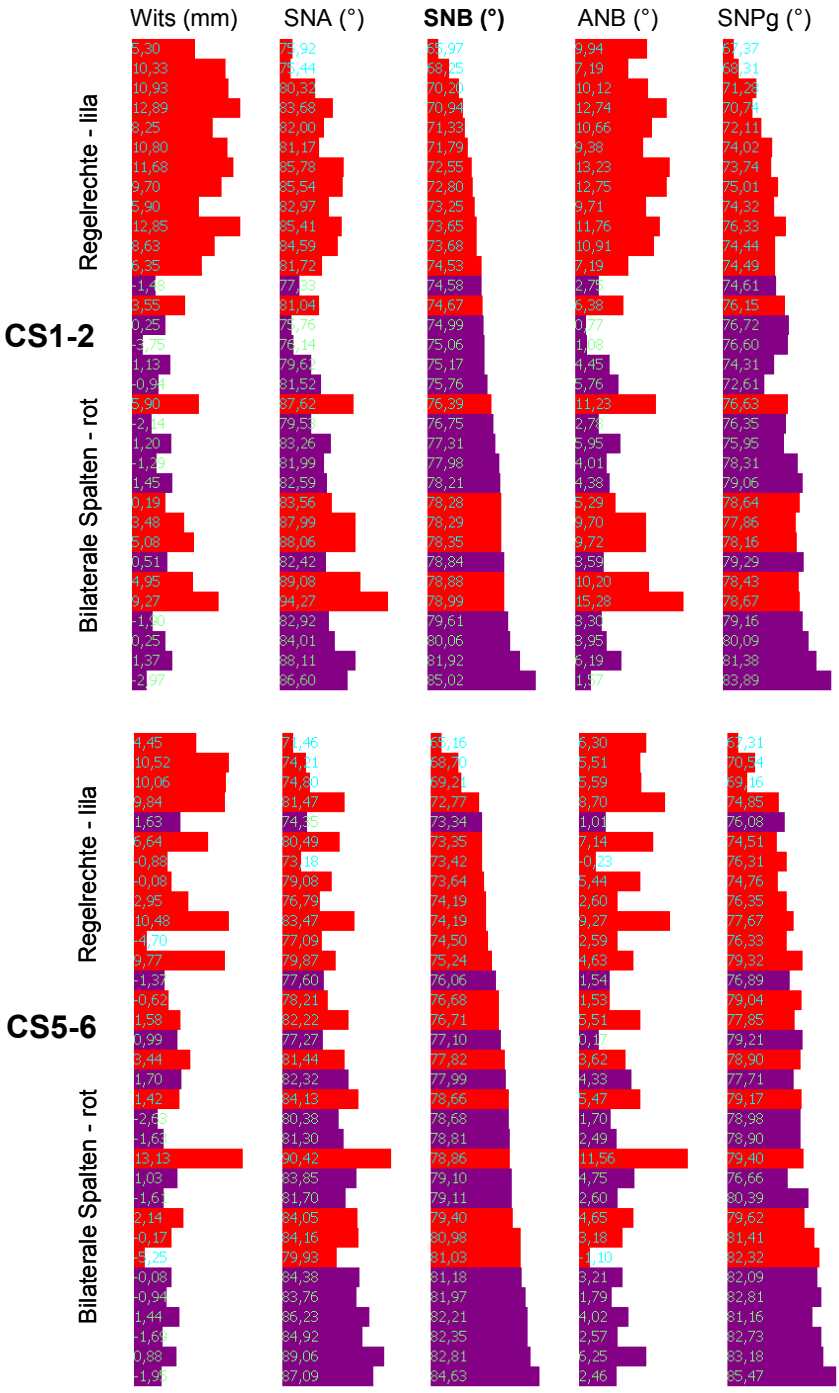

Abbildung 19
Sagittale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel SNB (°)

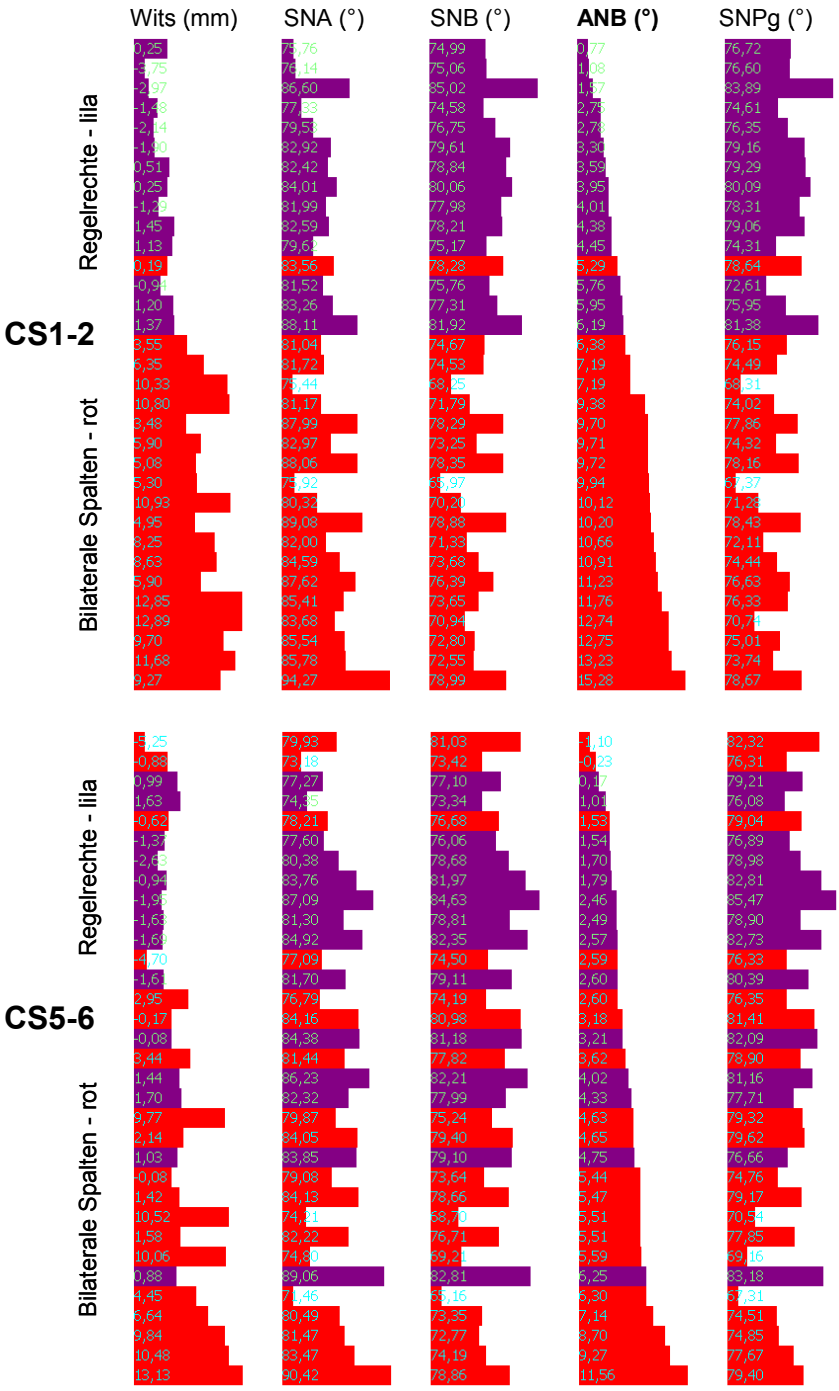

Abbildung 20
Sagittale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel ANB (°)

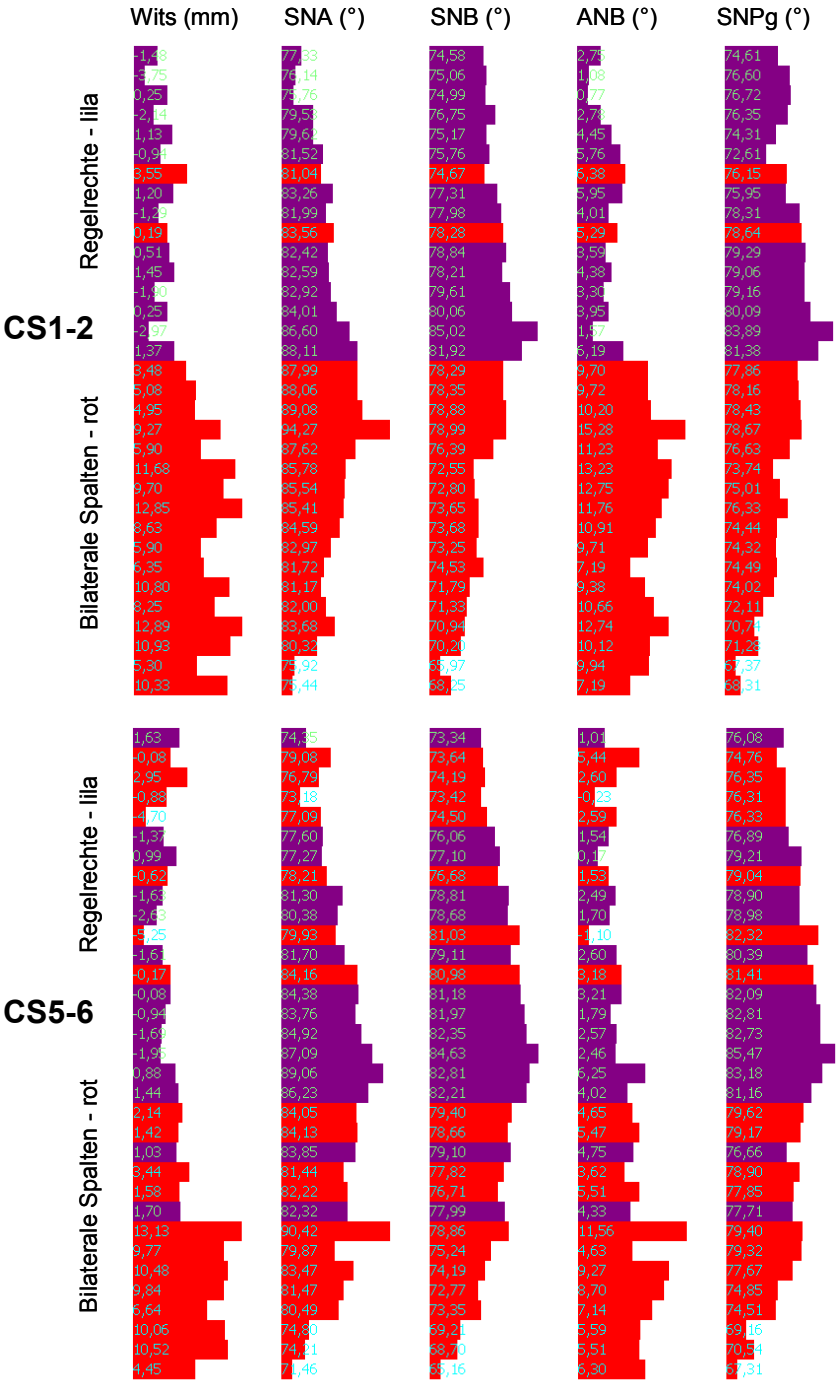

Abbildung 21
Sagittale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Ähnlichkeit

Metrische kephalometrische Parameter

Bei der Bewertung metrischer Parameter muss die akzelerationsbedingte Zunahme der Körpergröße der jüngeren Untersuchungsgruppe berücksichtigt werden (Abbildung 22). Das wird bei der Sortierung nach der Länge von S-N (Abbildung 23) besonders deutlich.

In gleicher Schärfe sind die Probanden beider Gruppen aber auch bei der Länge Spa-Spp und Co-A getrennt (Abbildung 25 und Abbildung 26). Die Trennung beider Gruppen ist zum Zeitpunkt CS1-2 besonders ausgeprägt, trifft aber mit geringen Einschränkungen auch auf den Zeitpunkt CS5-6 zu. Anders verhält es sich mit der Länge S-Go und eingeschränkt trifft dies auch auf Co-Gn (Abbildung 24) zu. Bereits zum Zeitpunkt CS1-2 liegt eine Durchmischung beider Gruppen vor. Das heißt, dass auf die akzelerationsbedingte größere Spaltgruppe eine Verlängerung der Strecke S Go nur in wenigen Fällen zutrifft (siehe auch Ergebnisse der Tensoranalyse / Abbildung 24). Es muss von einer Wachstumshemmung in diesem Bereich ausgegangen werden.

Interessant ist die Ramuslänge Go-Me (Abbildung 27) zum Zeitpunkt CS1-2. Die Trennung beider Gruppen wird noch durch die meist größeren Längen in der Untersuchungsgruppe dominiert. Zum Zeitpunkt CS5-6 trifft das nicht mehr zu. Vier Spaltträger stellen zwar die größten Unterkieferlängen dar, ansonsten ist es aber zu einer „bunten“ Durchmischung gekommen.

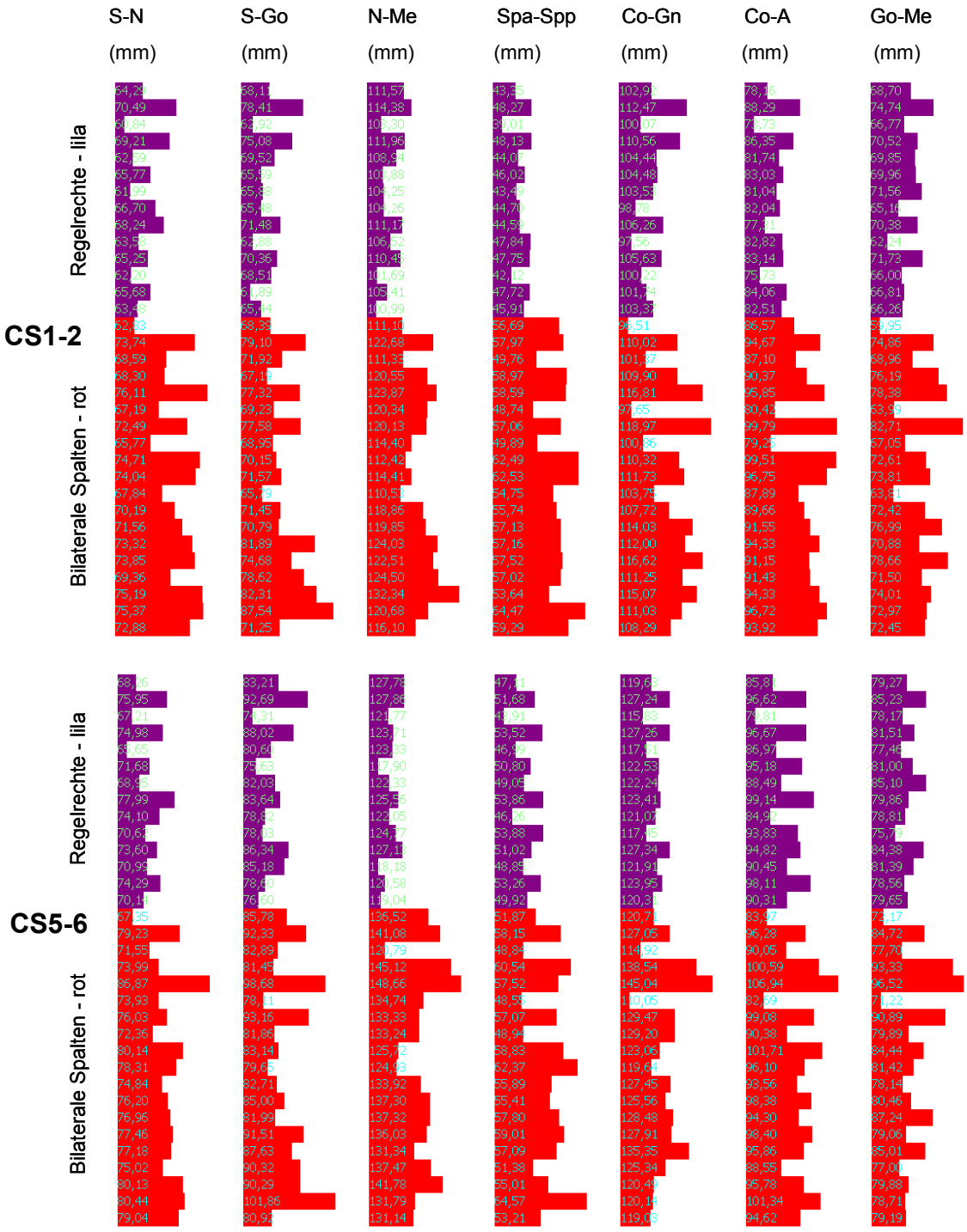

Abbildung 22
Metrische Parameter – Table Lens der Probanden der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) in alphabetischer Reihenfolge

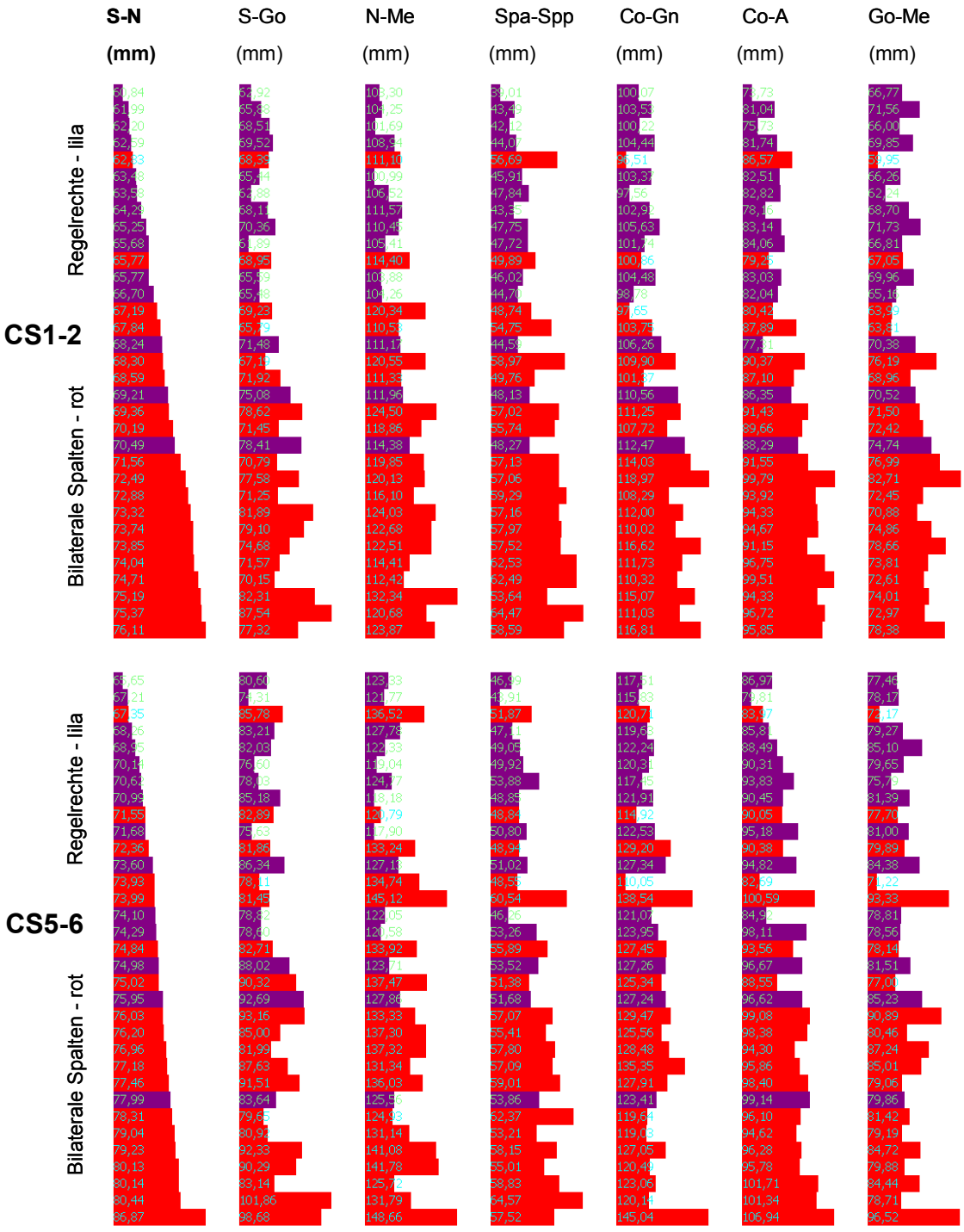

Abbildung 23
Metrische Parameter – Table Lens der Probanden der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Strecke S-N

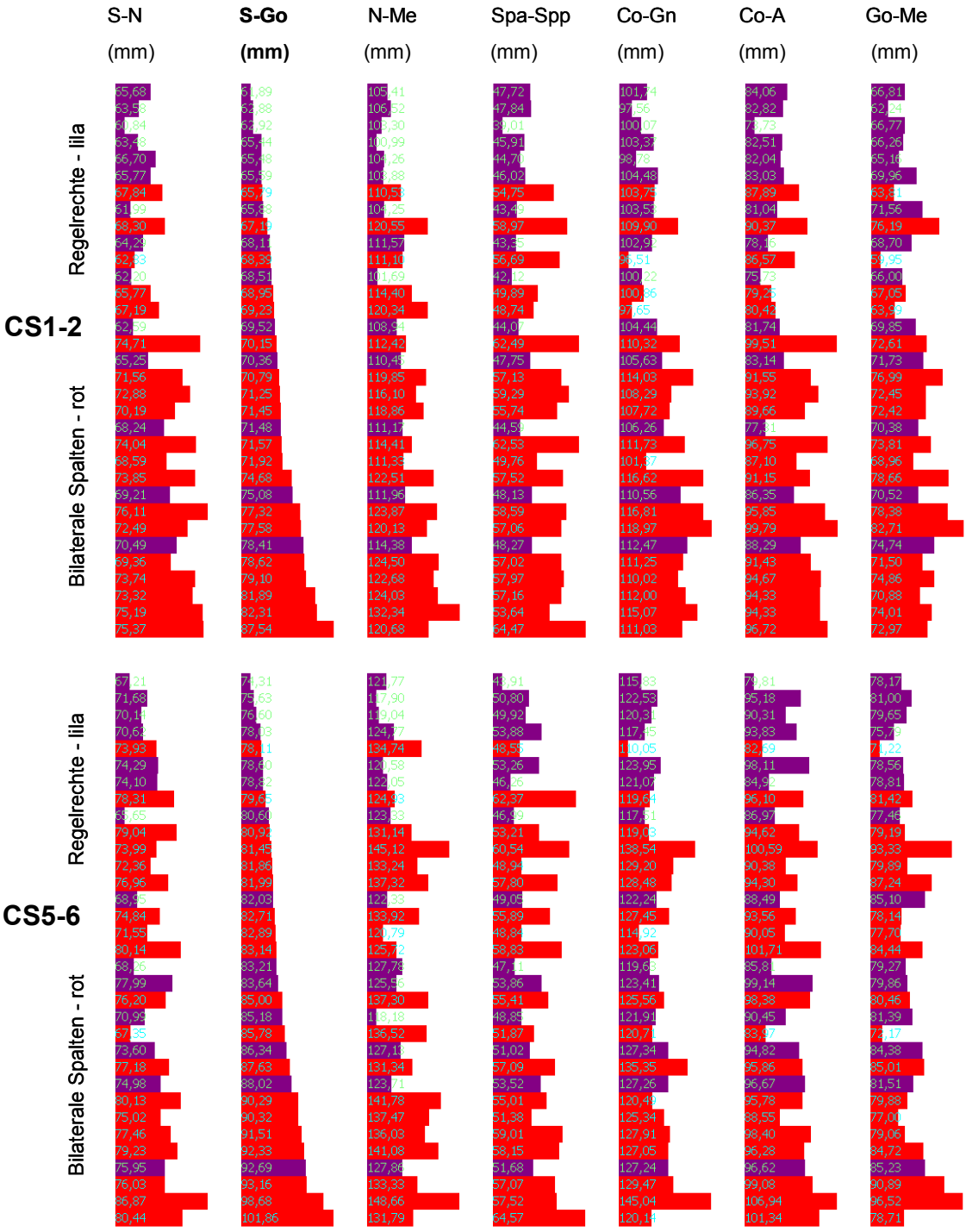

Abbildung 24
Metrische Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Strecke S-Go (mm)

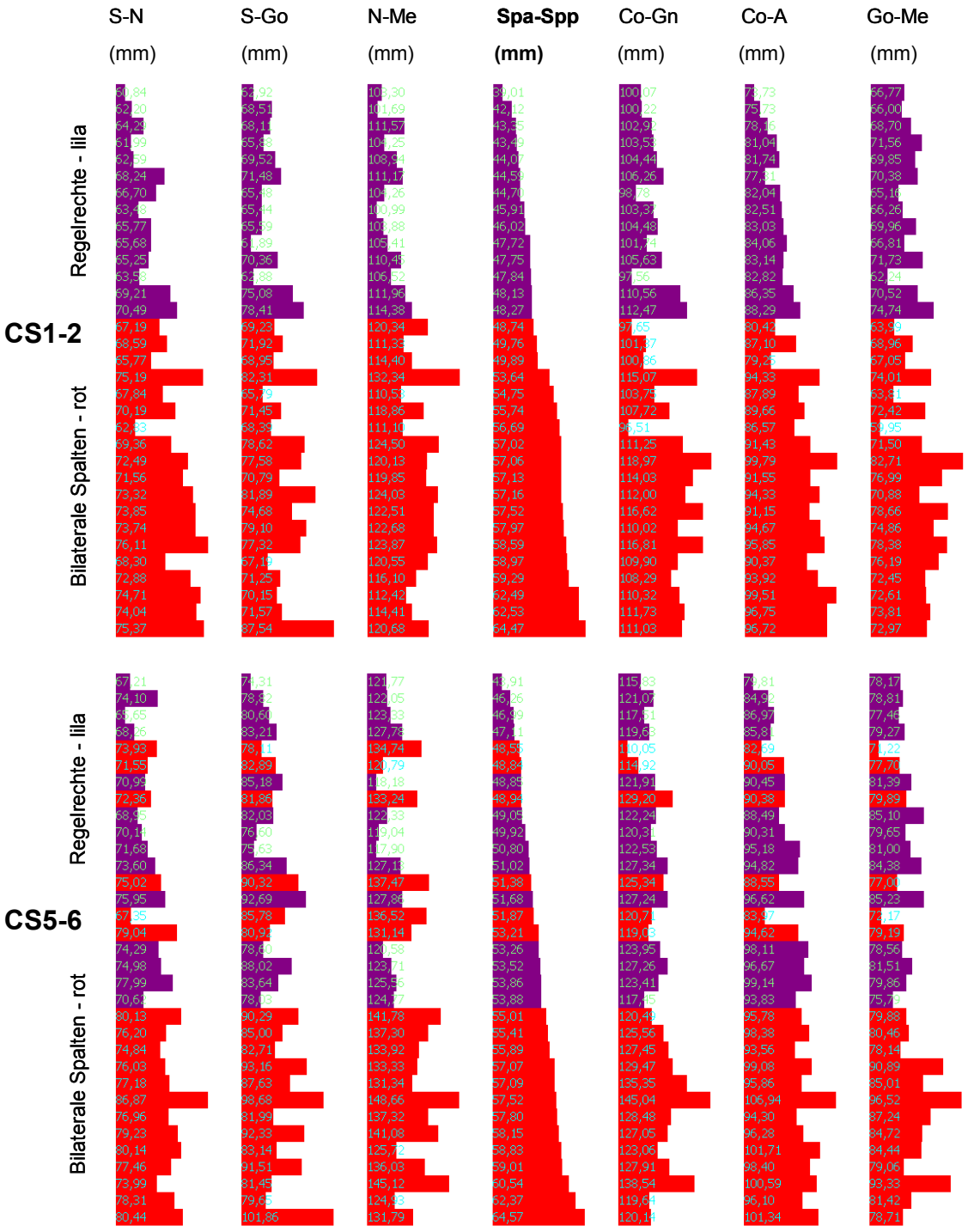

Abbildung 25
Metrische Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Strecke Spa-Spp (mm)

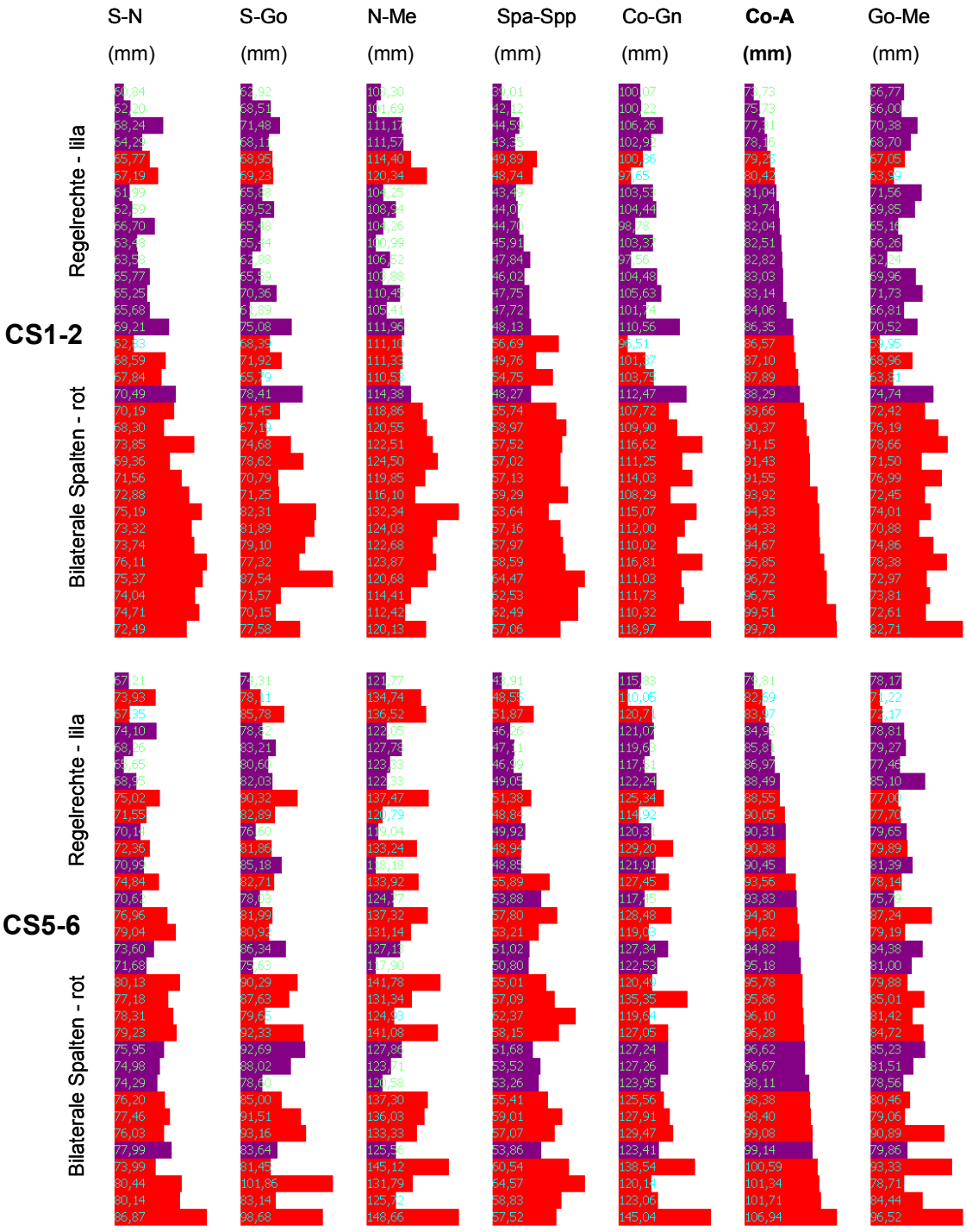

Abbildung 26
Metrische Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Strecke Co-A (mm)

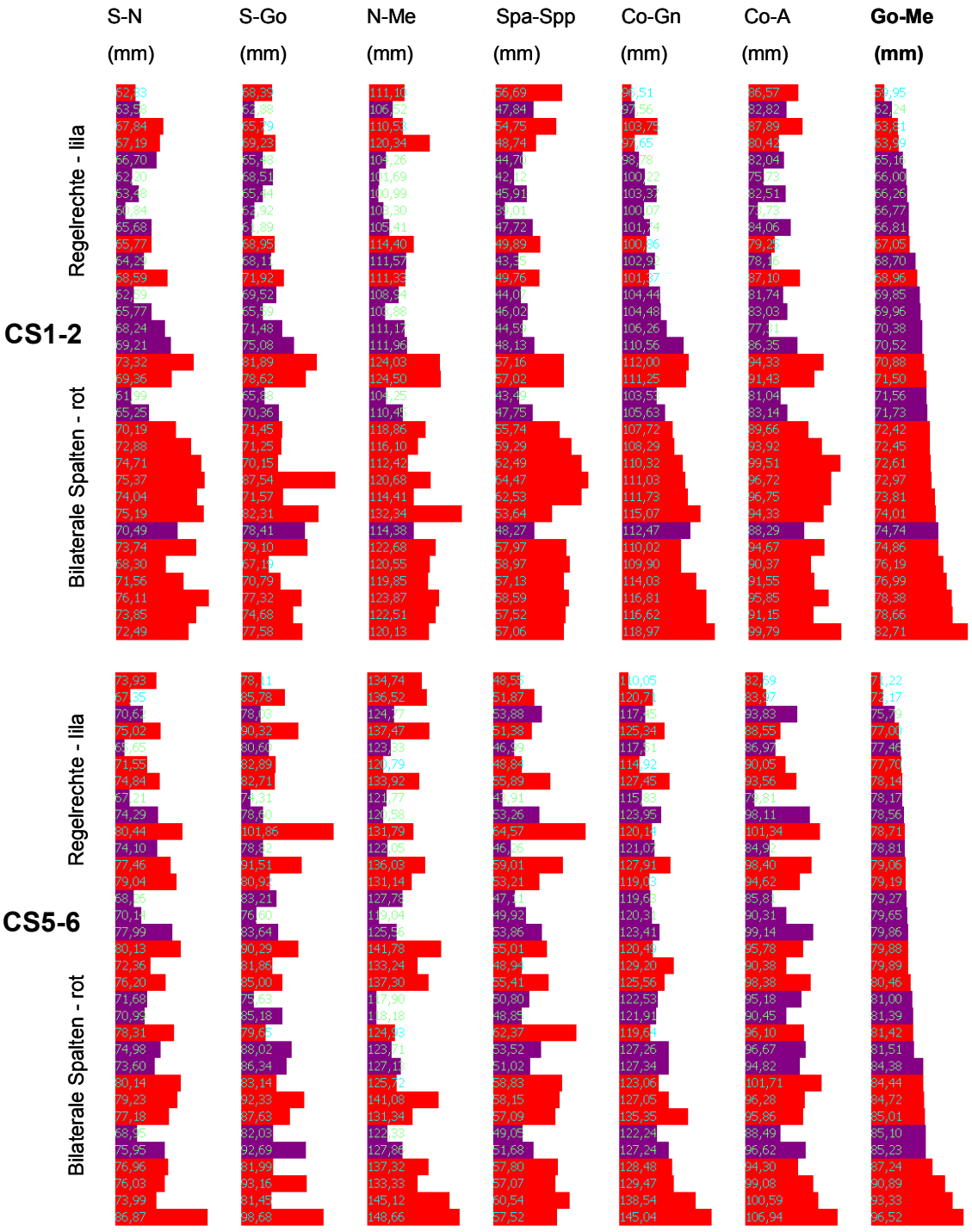

Abbildung 27
Metrische Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Strecke Go-Me (mm)

Einfluss des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus auf die Sagittalentwicklung

Die Abbildung 28 zeigt die Durchmischung der Gruppen, wobei die Untersuchungsgruppe zu beiden Untersuchungszeitpunkten vergrößerte vertikale Werte des ML-NSL-Winkels aufweisen.

Die Abbildung 29 stellt die Sortierung nach der Ähnlichkeit zu beiden Zeitpunkten dar. Zum Zeitpunkt CS1-2 liegt die homogen zusammengesetzte Kontrollgruppe im Mittelfeld. Die Untersuchungsgruppe ist zweigeteilt und in den Randbereichen angeordnet. Ersichtlich wird, dass eine posteriore Rotation des Unterkiefers, repräsentiert durch einen vergrößerten ML-NSL-Winkel, mit kleinen SNA- und SNB-Winkeln verbunden ist und daraus vergrößerte ANB-Winkel und Wits-Werte resultieren.

Zum Zeitpunkt CS5-6 ist eine leichte Durchmischung der Kollektive sichtbar, wobei die Gruppen relativ eng zusammen bleiben und der vorher beschriebene Zusammenhang für die Untersuchungsgruppe weiterhin zutrifft.

Die Kontrollgruppe ist durch eher horizontale ML-NSL-Werte gekennzeichnet und damit verbunden auch vergrößerte SNA- und SNB-Werte und verkleinerte ANB- und Wits-Werte.

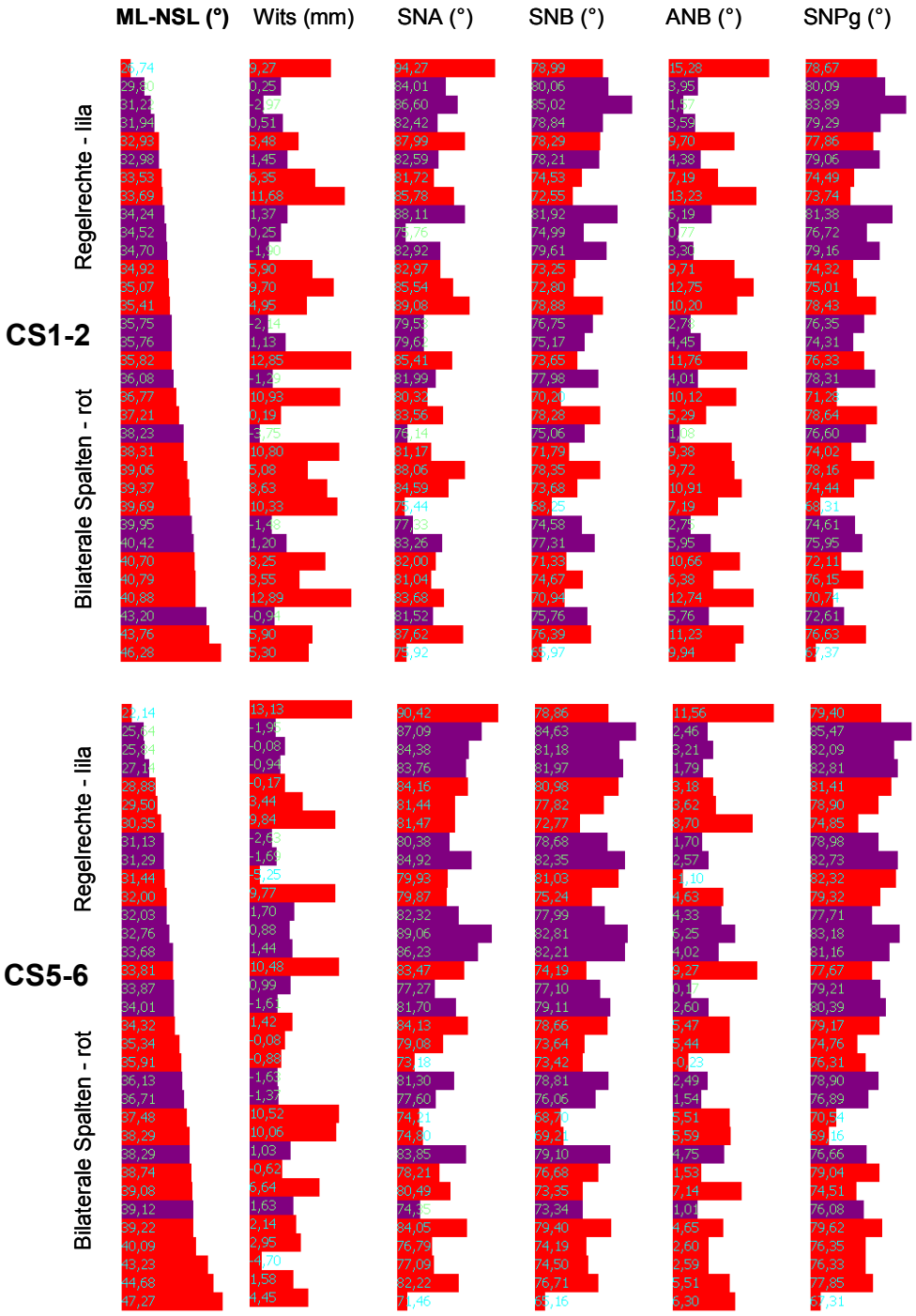

Abbildung 28

Abhängigkeit der sagittalen Parameter vom ML-NSL-Winkel – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel ML NSL (°)

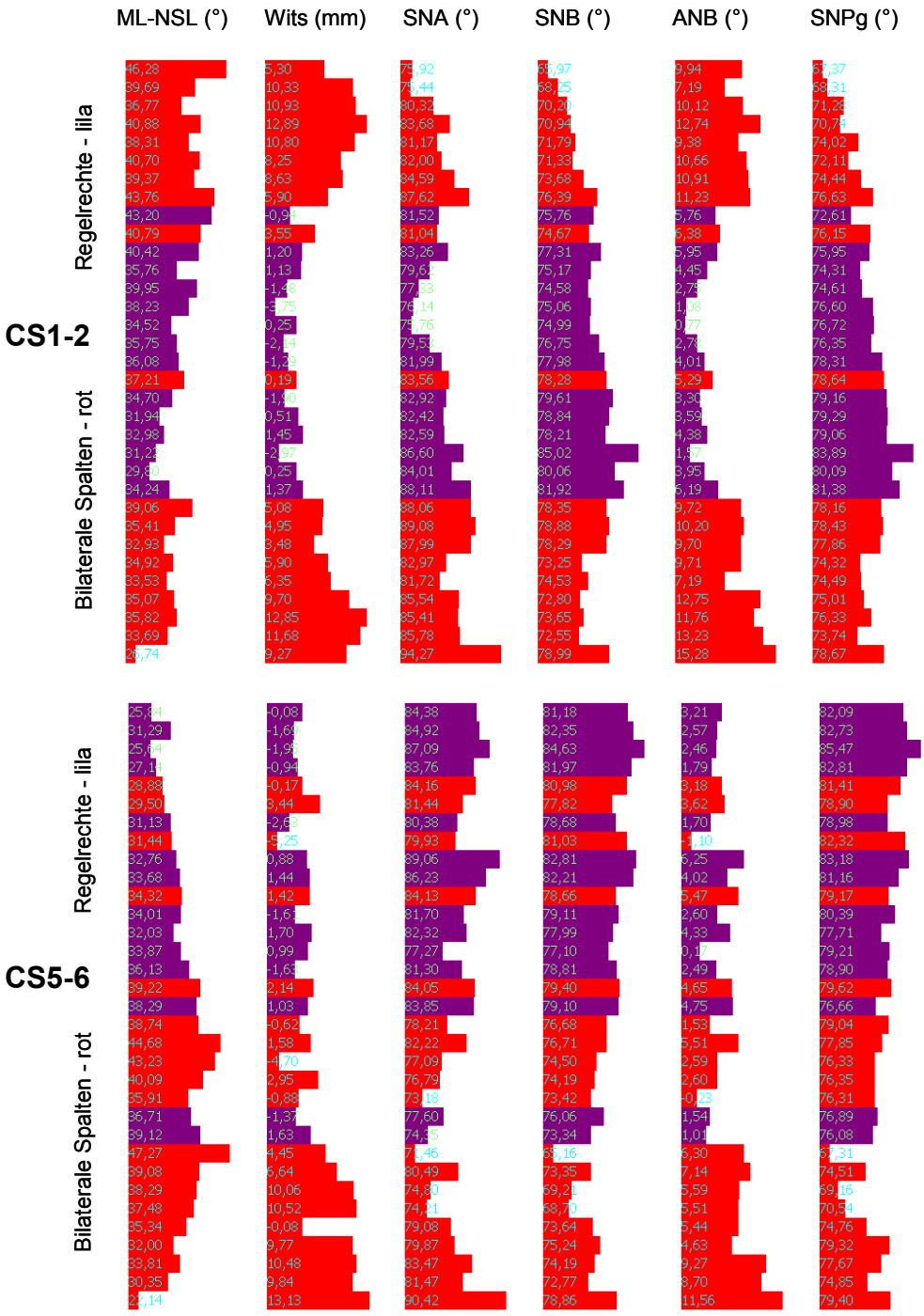

Abbildung 29
Sagittale Parameter und ML-NSL-Winkel – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Ähnlichkeit

5 Diskussion

Wesentliches Ziel der vorliegenden Studie ist es, das Gesichtsschädelwachstum von Patienten mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten vom prä- bis zum postpuberalen Stadium retrospektiv zu analysieren. Um dem erhöhten Vorkommen (2:1) von Spalten beim männlichen Geschlecht (Shapira et al. 1999) gerecht zu werden und eine homogene Zusammensetzung der Untersuchungsgruppe zu erreichen, sind ausschließlich männliche Patienten selektiert worden. Die 19 Patienten der Untersuchungsgruppe stellen eine Spätkontrolle nach prächirurgischer Frühbehandlung (modifiziert nach Hotz) und kontinuierlicher Betreuung / Behandlung im interdisziplinären Spaltzentrum der Universität Rostock dar. Die Spätergebnisse des neuen Behandlungskonzeptes, welches sein Hauptaugenmerk auf die Wachstumsförderung legt, soll auf seine Bewährung überprüft werden. Die Probandenanzahl erscheint gering, ist aber vom statistischen Gesichtspunkt vergleichbar mit den wenigen in der Literatur zu findenden Studien, die Langzeitbetrachtungen bis ins Erwachsenenalter und Untersuchungsgruppen größer als 10 Patienten aufweisen (Friede und Pruzansky 1985, Gnoinski und Rutz 2009, Heidbüchel et al. 1994, Holst et al. 2009, Lisson et al. 2004, Lisson et al. 2011, Neumann 1996, Semb 1991b, Trotman und Ross 1993, Vargervik 1983) (Tabelle 19).
In der Literatur sind als Kontrollgruppe sowohl Nichtspaltträger (Friede und Pruzansky 1972, Gnoinski und Rutz 2009, Johnson 1980, Neumann 1996, Semb 1991b, Trotman und Ross 1993, van den Dungen et al. 2008), Patienten mit unilateralen Spalten (Horswell und Gallup 1992, Neumann 1996) als auch Patienten mit bilateralen Spalten (Bartzela 2011, Heidbüchel et al. 1994, Lisson et. al 2004) zu finden.
14 männliche Probanden (Nichtspaltträger) aus der *Rostocker Wachstumsstudie* mit Wachstum unter regelrechten Bedingungen der Gebissentwicklung dienen in der vorliegenden Studie als Kontrollgruppe. Diese kephalometrischen und tensoranalytischen Referenzdaten sind erstmals von Stahl (2007) ermittelt worden und machen den Vergleich mit Probanden ohne Spaltfehlbildung und die Interpretation der Ergebnisse erst möglich.
Die Probanden der Untersuchungs- und Kontrollgruppe sind mittels der CVM-Methode (Cervical Vertebral Maturation Methode) modifiziert nach Baccetti et al. (2002, 2003) anhand ihrer skelettalen Reife ausgewählt und in prä- (CS1-2) und postpuberale (CS5-6) Gruppen unterteilt worden.

Insgesamt sind 38 Fernröntgenseitenaufnahmen der Untersuchungsgruppe und 28 Aufnahmen der Kontrollgruppe mittels kephalometrischer, tensoranalytischer und visueller Analyse nachuntersucht worden.
Die kephalometrische Analyse hat den Nachweis erbracht, dass Untersuchungs- und Kontrollgruppe am Anfang des Beobachtungszeitraums einen vergleichbaren vertikalen Gesichtsschädelaufbau (NSBa-Winkel, ML-NSL-Winkel, Face Height Relation) aufweisen und damit ein adäquater Vergleich möglich ist.
Auf Grund der akzelerationsbedingten Zunahme der Körpergröße der jüngeren Untersuchungsgruppe ist für die metrischen Strecken der Kontrollgruppe ein allgemeiner Trend im Sinne kleinerer Messwerte erkennbar.

Wachstumsstudie unter Anwendung drei unterschiedlicher Analysemethoden

Für die kieferorthopädische Diagnostik ist die metrische Kephalometrie nach wie vor unverzichtbar, weltweit anerkannt und verbreitet. Sie macht den wissenschaftlichen Vergleich mit nationalen und internationalen Studienergebnissen möglich und praktikabel, hat aber ihre Schwächen in der Darstellung und Beurteilung komplexer Wachstumsabläufe. Zum Beispiel ist in der vorliegenden Studie die Veränderung des SNA-Winkels von 1,2 Grad in der Kontrollgruppe über den gesamten Beobachtungszeitraum sehr gering. Dies bedeutet aber nicht, dass in diesem Bereich kein Wachstum abgelaufen ist. Durch den Bezug auf andere nicht wachstumsstabile Zonen sind die Aussagemöglichkeiten deshalb begrenzt. Gerade bei Spaltträgern sind die Beurteilung des Wachstums und die Identifizierung wachstumshemmender Effekte im Mittelgesichtsbereich besonders wichtig und können durch die metrische Kephalometrie nur begrenzt nachgewiesen werden.

Um diese Defizite auszugleichen ist in der vorliegenden Arbeit die *Rostocker Tensoranalyse* (Stahl 2007) als zweite Analysemethode zur Anwendung gekommen. Mittels der Tensoranalyse sind die lokalen und relativen Veränderungen im Gesichtsschädelwachstum unabhängig von Referenzsystemen und benachbarten Strukturen darstellbar und nachweisbar. Sie ist in der Lage, Wachstum und Entwicklungshemmungen lokal am Ort der Entstehung, in Ausmaß und Richtung zu bestimmen und damit auch therapeutische Einflüsse sichtbar zu machen. Die tensoranalytische Methode basiert auf der Geometrie der Ebene, arbeitet mit dimensionslosen Verhältniszahlen und ist eine überlagerungsfreie Vergleichsmethode. Wachstumsbedingte Veränderungen sind aufgrund der Koordinatenfreiheit der

Tensoranalyse ohne Annahme scheinbar wachstumsneutraler Bezugspunkte ermittelbar (Eckardt et al. 2001). Die Angabe von Wachstumsveränderungen in dimensionslosen Verhältniszahlen hat den Vorteil, dass Größenunterschiede zwischen den Individuen vernachlässigt werden können (Stahl 2007, Trotman und Ross 1993). Dadurch spielt das für die Untersuchungsgruppe in der metrischen Kephalometrie aufgetretene methodische Defizit der akzelerationsbedingt größeren Messwerte für die metrischen Strecken in der Tensoranalyse keine Rolle. Durch diese zusätzliche Analysemethode wird die Bewertung der in der metrischen Kephalometrie ermittelten Messwerte erst möglich. Durch die von Stahl (2007) erarbeiteten tensoranalytischen Daten der Kontrollgruppe sind erstmalig die Grundlagen geschaffen worden, auch dieses Analyseverfahren für den Vergleich von Spaltpatienten und Nichtspaltträgern zu nutzen.

Aber auch die Tensoranalyse hat in der Gegenüberstellung von Gruppen ihre Grenzen, wenn es darum geht, individuelle Unterschiede der Probanden auf einen Blick sichtbar zu machen. Dies verlangt die Anwendung weiterer differenzierender Methoden, die durch Stahl (2007) leicht zu handhaben sind und die Interpretation großer Datenmengen, wie sie in der Wachstumsanalyse erzeugt werden, erlaubt. Die von ihr 2007 erstmalig vorgestellte *Rostocker Visuelle Analyse* (ROVA) ermöglicht die umfangreiche Darstellung von Daten, die vollständig und ohne Verlust abgebildet werden können. In der vorliegenden Studie findet die Visualisierung kephalometrischer Ergebnisse mittels der *Rostocker Visuellen Analyse* (ROVA) zum ersten Mal praktische Anwendung. Aus den zur Verfügung stehenden Visualisierungstechniken wurden die Table Lens ausgewählt, da sie durch ihre Sortierfunktion die Darstellung beliebig vieler Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Variablen und Patientengruppen zulassen. Durch das von Stahl (2007) erarbeitete Auswertungstool ROVA und die damit verbundenen Daten der Kontrollgruppe ist es möglich geworden, die Wachstumsvorgänge auch im Gruppenvergleich in ihrer Verschiedenartigkeit, die im Mittelwert und anderen statistischen Parametern nicht zum Ausdruck kommt, sichtbar zu machen. Das Hauptmerkmal der Selektion für die Zusammenstellung der Untersuchungsgruppe ist das Vorkommen einer totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte. Diese 19 Patienten setzen sich im Vergleich zur Kontrollgruppe aus unterschiedlichen Genpools zusammen, welches in den individuellen Messwerten deutlich wird. Die Table Lens erlauben einen Einblick in die Entwicklungsprozesse des Spaltpatienten im Vergleich zur Individualität, wie sie auch unter den Bedingungen einer regelrechten Gebissentwicklung im Bereich des Gesichtsschädels möglich ist.

Tabelle 19

Längsschnittstudien von Patienten mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten

Autor(en)	Land	Jahr	reine longitudinale Studien	Alter der Patienten zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten	Anzahl und Geschlecht der Patienten	Art der Kontrollgruppe
Vargervik	USA (San Francisco)	1983	nein	4 - 18 Jahre	51 m	BCLP mit set-back / NC
Friede und Pruzansky	USA (Chicago)	1985	ja	2. Monat, 5 J., 17 J.	13 (6 m / 7 w)	BCLP ohne set-back
Semb	Norwegen (Oslo)	1991	keine Angabe	5 bis > 18 Jahre	90 (61 m / 29 w)	UCLP / BCLP
Trotman und Ross	USA (Ann Arbor)	1993	ja	6 J., 12 J., 20 J.	30 m	NC
Heidbüchel et al.	Niederlande (Nijmegen) Norwegen (Oslo)	1994	nein	6 - 20 Jahre	21 (14 m / 7 w)	BCLP
Neumann	Deutschland (Rostock)	1999	ja	4 bis > 18 Jahre	91 (55 m / 36 m)	NC / UCLP
Lisson et al.	Deutschland (Homburg)	2004	keine Angabe	10 J., 15 J.	11 (8 m / 3 w)	NC
Holst et al.	Deutschland (Erlangen)	2009	keine Angabe	10 J., 18 J.	21 m	NC
Gnoinski und Rutz	Schweiz (Zürich)	2009	ja	5 J., 10 J., 15 J., 19 J.	29 (23 m /6 w)	NC
Lisson et al.	Deutschland (Homburg / Hannover)	2011	ja	10 J., 15 J., 18 J.	22 (14 m / 8 w)	NC / BCLP

J.=Jahre; m=männlich; w=weiblich; set back=chirurgisches Zurückseten der Prämaxilla

BCLP=bilaterale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte; UCLP=unilaterale Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte; NC=Nichtspaltträger

Kephalometrische Analyse

Zu Beginn des Beobachtungszeitraums (CS1-2) sind die Untersuchungs- und Kontrollgruppe durch einen tendenziell retrognathen Profiltyp (NSBa-Winkel von 133,3°bzw. 133,1°), einen retroinklinierten (ML-NSL-Winkel von 37,4° und 37,1°) und retropositionierten (SNB-Winkel 73,9° bzw. 77,5°) Unterkiefer und ein tendenziell vertikales Wachstumsmuster (ArGoMe-Winkel 127,1° und 128,1°) charakterisiert.
Wie zu erwarten, sind Unterschiede in der Inklination und Position des Oberkiefers und der skelettalen Klasse sichtbar. Die Untersuchungsgruppe zeigt im Gegensatz zur Orthoinklination (NL-NSL-Winkel von 7,7°) und Orthoposition (SNA-Winkel von 81,2°) des Oberkiefers bei skelettaler Klasse I (ANB-Winkel von 3,7°) in der Kontrollgruppe eine retroinklinierte (NL-NSL-Winkel von 14,3°) und entwicklungsbedingt antepositionierte (SNA-Winkel von 84,0°) Maxilla bei skelettaler Klasse II (ANB-Winkel von 10,1°).

In der Untersuchungsgruppe reduziert sich der SNA-Winkel signifikant um 4,4°, wogegen er in der Kontrollgruppe um 1,2° zunimmt. Die Verringerung der Prominenz der Prämaxilla bei Spaltträgern von der Geburt bis zum 15. Lebensjahr wird einheitlich in der Literatur beschrieben (Dahl 1970, Friede und Pruzansky 1985, Heidbüchel et al. 1994, Narula und Ross 1970, Semb 1991a, Semb und Shaw 1996, Trotman und Ross 1993) und dauert darüber hinaus an.
Neben der sagittalen Lage (SNA-Winkel 79,6°) offenbart die Metrik des Oberkiefers die größten Diskrepanzen im Wachstum bei den totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten zum Zeitpunkt CS5-6. Die Untersuchungsgruppe weist durch die protrudierte Prämaxilla von Anfang an die längeren Messwerte auf. Gleiches haben Narula und Ross (1970) in ihrer Studie nachgewiesen. In der Kontrollgruppe verlängert sich der Oberkiefer, repräsentiert durch die Strecke Spa-Spp, signifikant um 4,3mm, wogegen in der Untersuchungsgruppe eine geringe Reduktion um 0,8mm eintritt. Bei der Mittelgesichtslänge (Co-A) sind in beiden Gruppen Zuwächse verzeichnet worden, wobei die der Kontrollgruppe doppelt so groß sind wie die der Untersuchungsgruppe. Schon Vargervik (1983) erkannte dies und sprach bei bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten von weniger als 10% verbleibendem Wachstum in der Sagittalen ab dem 12. Lebensjahr im Vergleich zu Nichtspaltträgern, wogegen die Wachstumsraten des Unterkiefers die Gleichen sind wie unter regelrechten Bedingungen der Gebissentwicklung. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen dies und lassen vergleichbare Zuwachsraten für den Unterkiefer in der Untersuchungs- (15,7mm) und Kontrollgruppe (17,1mm) erkennen. Unter regelrechten

Bedingungen der Gebissentwicklung hat der Oberkiefer mit 12 Jahren schon 90% seines Vorwärtswachstums vollendet, wobei beim Unterkiefer noch 55% ausstehen (Enlow und Hunter 1968). Daraus schlussfolgert Vargervik, dass es vorteilhafter ist, eine protrusivere Prämaxilla über die Wachstumsphase zu belassen, da der Oberkiefer bei Spaltpatienten weniger nach anterior wächst (nur ein halb der Wachstumsrate) als bei Nichtspaltträgern. Die Prominenz des Zwischenkiefers reduziert sich allmählich bis zum 12. Lebensjahr in eine orthognathe Position, die bis zum Erreichen des Erwachsenenalters aufgebraucht ist und häufig in einer Retrusion / Retrognathie der Maxilla mündet (Hibatulla 2003, Liao und Mars 2005, Trotman und Ross 1993, Vargervik 1983).

Der SNB-Winkel (75,0°) ist kleiner (Gaggl 1999, Lisson et al. 2011, Trotman und Ross 1993) als in der Kontrollgruppe (79,6°). Dies könnte auf eine gewisse spaltbedingte funktionelle Belastung zurückzuführen sein, aber auch durch einen anderen genetisch programmierten Gesichtschädelaufbau wie beispielsweise bei einer Anomalie der Klasse II bedingt sein. Im Gegensatz zu Smahel (1984), der von einem verkürzten aufsteigenden Unterkieferast und Unterkieferkörper berichtet und van den Dungen et al. (2008), der nicht näher beschriebene strukturelle Veränderungen der Mandibula im 15. Lebensjahr feststellt, sind in der vorliegenden Studie dahingehend keine Veränderungen sichtbar. Ähnliches haben auch Trotman und Ross (1993) beschrieben.

Es ist festzustellen, dass kaum Progenien mit skelettaler Klasse III vorliegen und zum Ende der wachstumsfördernden Behandlung eher einer Klasse II vorliegt. Der ANB-Winkel (4,6°) ist demzufolge am Ende der Behandlung größer, wobei er auch in der Kontrollgruppe mit 2,9° relativ hoch ist. Das Belassen einer kleinen Stufe mit vergrößertem ANB-Winkel und SNA-Winkel zu einem jüngeren Zeitpunkt (8. -12. Lebensjahr) ist deshalb erstrebenswert, weil der Trend bei den Spaltträgern eindeutig in Richtung einer Verkleinerung geht. Der Ausdruck einer tendenziellen Klasse II durch einen leicht vergrößerten SNA-Winkel ist für das Profil des Patienten sogar von Vorteil, da die Oberlippe dünn, weil muskelarm, ist. Dies kann den ungünstigen Effekt kaschieren, dass die Patienten trotz skelettaler Klasse I progen wirken, weil das Mittelgesicht weniger prominent erscheint.

Die spaltbedingte, systematische Wachstumshemmung des Oberkiefers, sichtbar im Winkel SNA, ist offensichtlich nicht vermeidbar. Das Ausmaß kann aber durch eine günstigere Ausgangsposition, sprich prominentere Prämaxilla, verringert werden (Gnoinski und Rutz 2009). Dieser Forderung wird mit dem Rostocker Behandlungskonzept entsprochen, welches begonnen mit der prächirurgischen Frühbehandlung, immer auf wachstumsstimulierende Wirkungen des Oberkiefers setzt,

möglichst spät den Hartgaumen verschließt, präventiv handelt, um wachstumshemmende Effekte (z.b. progen verzahnte Schneidezähne) sofort auszuschalten. Dies kann oftmals mit einfachsten Mittel erfolgen, um möglichst schnell und früh annähernd regelrechte Okklusionsverhältnisse, insbesondere auf den Schneidezahnüberbiss bezogen, zu schaffen. Dies bestätigt auch Bartzela (2011).

Beim Spaltträger gelten andere Gesetzmäßigkeiten als bei einer regulären Klasse-II-Behandlung. Auf Grund der Ergebnisse ist es sinnvoll, die Stufe präpuberal nicht vollständig zu reduzieren und auf die therapeutisch leicht anzuwendende Retrusion der Schneidezähne inklusive des Zwischenkiefers zu verzichten. Gnoinski und Rutz (2009) stellen eine Normalisierung der anfänglich extremen Klasse II auch ohne therapeutische Intervention mit Erreichung einer skelettalen Balance fest.

Den totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten wird generell ein eher vertikaler Gesichtsschädelaufbau (da Silva Filho et al. 1993, Lisson et al. 2004, Narula und Ross 1970, Semb 1991b, Smahel 1984, Trotman und Ross 1993) zugesprochen, der im Zusammenhang mit einer vergrößerten vorderen unteren Gesichtshöhe (da Silva Filho 1993, Heidbüchel et al. 1994, Lisson et al. 2004, van den Dungen et al. 2008) gesehen wird. Das vertikale Wachstumsmuster der eigenen Untersuchungsgruppe zu Beginn (CS1-2) bleibt bestehen, schwächt sich aber ab (CS5-6).

Bei den Patienten der Untersuchungsgruppe sind die metrischen Messwerte akzelerationsbedingt größer. Die Gruppen zeigen nur wenige Unterschiede in den Zuwachsraten. Abweichungen sind in der Strecke S-Ba (anatomisch mittlere Schädelbasis) zu erkennen. Diese sind zu Beginn verhältnismäßig kürzer als die anderen metrischen Angaben und drücken damit eine Wachstumshemmung im posterioren Bereich des Mittelgesichtes aus. Sie nimmt in der Untersuchungsgruppe nur um die Hälfte zu. Trotman und Ross (1993) haben einen kleinen spaltbedingten Effekt auf die mittlere Struktur der Schädelbasis gefunden.

Die Länge der vorderen Schädelbasis (S-N) zeigt nur akzelerationsbedingte Abweichungen, und der Schädelbasisknickungswinkel (NSBa) ist, wie in der Literatur beschrieben, kaum beeinflusst (Friede et al. 1999, Friede und Enemark 2001, Grayson 1987, Rohrich et al. 1996, Ross 1987, Smahel 1994, Trotman und Ross 1993). Das vertikale Wachstum bei operierten Spaltpatienten scheint anders zu verlaufen. Es erfährt im posterioren Bereich weniger Zuwächse (insbesondere die Strecke S-Ba). Dagegen kommt es anterior zu keiner auffälligen Zunahme. Mit dem Hannoveraner Behandlungskonzept (Hartgaumenverschluss mit 15 Monaten und 3 Monate später Verschluss des weichen Gaumens) haben Lisson et al. (2004) in gleicher Weise im posterioren Bereich ein vertikal verkürztes Mittelgesicht

festgestellt. In der vorliegenden Studie bleib das Gesichtshöhenverhältnis (FHR in %) davon unbeeinflusst. In beiden Gruppen ändern sie sich von einem neutralen (62,2% bzw. 62,5%) in ein eher horizontales (64,4% bzw. 64,9%) Verhältnis. Gaggl et al. (2003) hat bei unilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten eine verkleinerte hintere Gesichtshöhe gefunden. Grabowski (1983) bemerkt dies ebenfalls. Trotman und Ross (1993) stellen eine Übereruption der Zähne des Oberkiefers infolge einer vertikalen posterioren Hypoplasie fest. Unoperierte Patienten mit bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte lassen nach Untersuchungen von da Silva Filho et al. (1998) keine oder nur sehr geringe Defizite im vertikalen Wachstum des posterioren Mittelgesichtes erkennen. Das legt die Vermutung nahe, dass die Veränderungen bei den behandelten Patienten unter Umständen operationsbedingt sind (Lisson et al. 2004). Die Spaltpatienten scheinen mehrheitlich immer noch einen eher vertikal orientierten Gesichtsschädelaufbau aufzuweisen. Die Ursachen können unter anderem durch eine Unterentwicklung im hinteren Mittelgesichtsbereich, funktionell durch einen unflexibleren weichen Gaumen oder durch strukturelle Problemen der Nase bedingt sein, die wiederum eine erschwerte Nasenatmung und weitere funktionelle Störungen (offene Mundhaltung, viszerales Schluckmuster, tiefe Zungenruhelage) auslösen können. McKee (1956) fand sogar heraus, dass Patienten mit bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte generell die am weitesten kaudal gelegene Zungenposition im Vergleich zu Patienten mit unilateralen Spalten und Nichtspaltträgern aufweisen.

Bei den eigenen Probanden der Untersuchungsgruppe kann ebenfalls, wie in vielen anderen Studien beschrieben, eine Retroinklination der Maxilla (clockwise Rotation) als genereller Trend festgestellt werden (Gnoinski 1987 und 2009, Lisson et al. 2004 und 2011, Neumann 1996, Paulin und Thilander 1991, Semb 1991b, Tränkmann und Lisson 1996). Deshalb könnte der vergrößerte NL-NSL-Winkel (im Sinne einer posterioren Rotation) von einer reduzierte Vertikalentwicklung im posterioren Mittelgesichtsbereich herrühren und weniger von einer Überentwicklung im anterioren Bereich.

Tensoranalyse

Die Dreiecke SNA und SBaSpp bestätigen die Wachstumshemmung des Oberkiefers in sagittaler Richtung. Diese Wachstumshemmung entsteht tatsächlich im posterioren Bereich des Mittelgesichtes, gleichzeitig ist eine gewisse Hemmung in Richtung des A-Punktes zu sehen. Die Ergebnisse in diesen Dreiecken bestätigen das in der kephalometrischen Analyse gefundene reduzierte vertikale Wachstum im hinteren Mittelgesichtsbereich auch durch das Dreieck SppAB. Die wenigen gefundenen signifikanten Unterschiede in der Tensoranalyse sind ein Zeichen für eine erfolgreiche wachstumsfördernde Therapie und erlauben den Nachweis, dass die Retrusion der Prämaxilla oder sogar ein chirurgisches Set-back kontraindiziert sind (Friede und Pruzansky 1985, Gnoinski und Rutz 2009, Henkel und Gundlach 1997, Smahel 1984, Vargervik 1983) und im Gegenteil das Belassen einer mäßigen Protrusion der Prämaxilla und einer kleinen sagittalen Stufe sich vorteilhaft auf das Wachstum und das Profil auswirken. Ähnliches haben auch Gnoinski und Rutz (2009) beschrieben.
Das Dreieck ArGoMe beschreibt die Veränderungen des Unterkieferwachstums und zeigt für die sagittale Entwicklung einen statistisch signifikanten Unterschied, wobei nur ein Prozent Differenz in den Zuwachsraten besteht. Dies spricht für eine große Einheitlichkeit innerhalb der Gruppen. Das vertikal gerichtete Wachstum ist in der Untersuchungsgruppe nicht signifikant geringer.

In der Literatur sind lediglich zwei Studien (Grayson et al. 1987, Trotman und Ross 1993) zu finden, die die Tensoranalyse (Bookstein 1982) für den Vergleich Spaltträger mit Nichtspaltträgern benutzen. Durch die Verschiedenartigkeit der verwendeten Dreiecke ist der Vergleich der Ergebnisse schwierig. Die beschriebenen skelettalen Defizite beziehen sich aber auf vergleichbare Regionen der eigenen Untersuchung. Grayson et al. (1987) konnten Veränderungen des Punktes Basion im Sinne eines aufwärts und vorwärts gerichteten Displacements finden. Des Weiteren wird eine Hemmung in der Vertikalentwicklung der Spina nasalis posterior um 18% sichtbar, welche doppelt so groß ausfällt wie bei unilateralen Spaltbildungen. Die Unterkiefergröße der Spaltträger zeigt eine Reduzierung um 8%.
Die Ergebnisse von Trotman und Ross (1993) zeigen die größten Unterschiede zwischen Patienten mit bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten und Nichtspaltträgern im knöchernen Pharynxbereich und dem hinteren Anteil des Oberkiefers. Die Region des Pharynx ist kleiner und alle Bezugspunkte liegen näher an der Schädelbasis. Dies impliziert eine verringerte Entwicklung des Oropharynx und des Mittelgesichtes. Sie stellen eine Übereruption der Zähne des Oberkiefers infolge einer

vertikalen posterioren Hypoplasie fest. Die Vorwärtsentwicklung der Maxilla ist ebenfalls gehemmt. Trotman und Ross (1993) bezeichnen dies als posteriores Displacement, infolgedessen der Pharynx enger ist und das Velum weiter posterior liegt. Ross (1987) deutet dies in einer früheren Arbeit als Reaktion auf die durchgeführten Operationen am Gaumen und geht nicht von einem intrinsischen Defizit aus. Die Unterkieferlänge ist zu Beginn der Untersuchung (6. Lebensjahr) von Trotman und Ross kleiner als bei den Nichtspaltträgern, weist im Erwachsenenalter aber keine Unterschiede mehr auf.

Visuelle Analyse

In der Literatur ist ein Vergleich der eigenen Ergebnisse durch die Einmaligkeit der Analysemethode und die erstmaligen Anwendung nicht möglich.
Erst durch die Daten der Kontrollgruppe ist es möglich geworden, die Wachstumsvorgänge trotz des Gruppenvergleichs in ihrer Individualität sichtbar zu machen. Sie erlaubt einen Einblick in die Entwicklungsprozesse des Spaltpatienten im Vergleich zur Individualität, wie sie auch unter den Bedingungen einer regelrechten Gebissentwicklung im Bereich des Gesichtsschädels möglich ist. Auch wenn bei den Patienten der Untersuchungsgruppe der Genotypus und die möglichen funktionellen Belastungsfaktoren (insbesondere passive Funktionsstörungen, wie die offene Mundhaltung und die kaudale Zungenruhelage) auf Grund der Spaltbildung selber, aber auch in der Konsequenz therapeutischer Maßnahmen (prächirurgische Frühbehandlung, Operationstechnik) das Bild sehr vielgestaltig machen können, erlaubt der Vergleich mit der Kontrollgruppe gute Ansatzpunkte für die Rehabilitation und damit für die kieferorthopädische Therapie. Die visuelle Analyse ermöglicht im Gegensatz zur metrischen Kephalometrie und Tensoranalyse einen schnellen Überblick über die Gesamtheit der Probanden und deren Verschiedenartigkeit, die im Mittelwert und anderen statistischen Parametern nicht zum Ausdruck kommt. In der Darstellung der vertikalen Parameter, sortiert nach dem NL-NSL-Winkel, sind die Probanden der Kontrollgruppe mehrheitlich von denen der Untersuchungsgruppe getrennt, das heißt, eine posteriore Rotation der Oberkieferbasis, wie schon durch die metrische Kephalometrie nachgewiesen, ist ein mögliches „typisches“ Kriterium für die bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten. Die Probanden der Untersuchungsgruppe zum Zeitpunkt CS1-2 weisen nahezu einheitlich größere Wits-Werte und ANB-Winkel auf. Zum Zeitpunkt CS5-6 ist die Trennung nicht mehr so klar.

Das heißt, beide Werte (Wits und ANB-Winkel) sind bei bilateralen Spaltträgern auffallend kleiner geworden. Diese Abnahme ist als gesetzmäßig anzusehen.
Bei der Bewertung metrischer Parameter muss wiederum die akzelerationsbedingte Zunahme der Körpergröße der jüngeren Untersuchungsgruppe berücksichtigt werden, die bei der Sortierung nach der Länge von S-N besonders deutlich wird. In gleicher Schärfe sind die Probanden beider Gruppen aber auch bei der Länge Spa-Spp und Co-A getrennt. Die Trennung beider Gruppen ist zum Zeitpunkt CS1-2 besonders ausgeprägt, trifft aber mit geringen Einschränkungen auch auf den Zeitpunkt CS5-6 zu.
Der Einfluss des vertikalen Gesichtsschädelaufbaus auf die sagittalen Parameter wird sehr gut ersichtlich. Eine posteriore Rotation (vertikales Wachstumsmuster) belastet nicht nur das Unterkieferwachstum, sondern auch den Oberkiefer in seiner Entwicklung. Große ML-NSL-Werte bedingen verkleinerte SNA-, SNB- und SNPg-Winkel und in der Konsequenz dann vergrößerte ANB- und Wits-Werte.

Konsequenzen für die kieferorthopädische Therapie

Auffällig und entwicklungsbedingt sind die große Oberkieferlänge, die relativ stabil bleibt und die anteriore Position des SNA-Winkels. Es kommt in der Untersuchungsgruppe systematisch zu einem wachstumshemmenden Einfluss vom präpuberalen zum postpuberalen Stadium, bezogen auf den SNA-Winkel (Reduzierung circa um 4°). Dieser unausweichliche, wachstumshemmende Trend sollte durch die Therapie, z.B. durch eine Retraktion der protrudierten Prämaxilla, nicht verstärkt werden. Es reicht deshalb nicht aus, mit der wachstumsorientierenden kieferorthopädischen Behandlung erst zum Ende der Wechselgebissphase zu beginnen. Ein präventives Vorgehen von Geburt an - im Sinne der passiven Stabilisierung und des Erhalts der anterior positionierten Prämaxilla - und die passive Spaltverkleinerung durch Wachstumsförderung sind essentiell und mit Hilfe der prächirurgischen kieferorthopädischen Frühbehandlung zu erreichen. Friede et al. (1998), Gnoinski und Rutz (2009), Melissaratou und Friede (2007) und Opitz (2002) bestätigen die Wichtigkeit der prächirurgischen Frühbehandlung für die Behandlung von Spaltpatienten. Maßnahmen zur Förderung des Oberkieferwachstums und die Ausschaltung hemmender Faktoren (progene Verzahnung im Schneidezahnbereich, Dysfunktionen, Habits) haben deshalb einen positiven Einfluss auf die Therapie. Dies wird z.B. durch ein zweizeitiges operatives Vorgehen mit verspätetem Hartgaumenverschluss unterstützt. Diese Behandlungsergebnisse sind nach der vorliegenden Studie bei einem späteren kieferorthopädischen Behandlungsbeginn

(ausschließlich festsitzende Apparaturen, Ende 2. Wechselgebissperiode oder permanente Dentition) ohne prächirurgische Frühbehandlung und bei einzeitigem Gaumenverschluss nicht zu erreichen. Von entscheidender Bedeutung ist die Ausschöpfung von wachstumslenkender kieferorthopädischer Maßnahmen in der Zeit des Schneidezahnwechsels, da vor dem puberalen Wachstumsspurt enorm viel Wachstumspotential verloren gehen kann. Der Funktionsregler Typ III nach Fränkel (FR III) hat sich in Rostock als ein hervorragendes Gerät zur Förderung und Stimulation des Oberkieferwachstums im anterioren Bereich insbesondere über den Zeitraum des Schneidezahnwechsels bewährt. Voraussetzung für eine erfolgreiche Wirkung des Funktionsreglers ist allerdings das Vorhandensein wachstumspotenter Strukturen. Ein früher Verschluss der Spalte im harten Gaumen, z.B. im ersten Lebensjahr, zerstört diese wachstumspotenten Strukturen und macht die Anregung natürlichen Wachstums unmöglich. Der FR III ist nicht sprachbehindernd und fördert die physiologische Zungenruhelage und den Mundschluss durch aktives Muskeltraining. Wegen der eingeschränkten Flexibilität des weichen Gaumens, der damit verbundenen Sprachbeeinträchtigung und durch weitere gesetzmäßig vorkommende orofaziale und myofunktionelle Dysfunktionen verzichtet das Rostocker Betreuungskonzept weitgehend auf langwierige Behandlungen mit intraoralen Plattenapparaturen.

Dennoch ist es eine Tatsache, dass sich die Kinder trotz wachstumsfördernder Maßnahmen über die Pubertät in ihrem Aussehen sehr verändern.

Die vorliegende Studie stellt mit dem Vergleich von Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte und der Kontrollgruppe aus der *Rostocker Wachstumsstudie* einen hohen Anspruch an das eigene Vorgehen im Rehabilitationsprogramm. Sie zeigte zudem erstmalig auf, dass die Spaltpatienten eine höchst unterschiedliche Probandengruppe sind. Das Rostocker Ziel ist es, den Spaltpatienten nicht mehr durch seine Spaltbildung zu klassifizieren, sondern ihm sein individuelles Gesicht zu geben, welches er ohne Spaltbildung z.B. auf Grund seines Genotypus entwickelt hätte. Das Betreuungskonzept versucht, die Vielschichtigkeit des Gesichtsschädelaufbaus herauszuarbeiten, wie er auch bei Nichtspaltträgern vorliegt und nicht die Stigmatisierung durch die Spalte zu manifestieren. Im Wesentlichen konnte dies realisiert werden, nur wenige Patienten bleiben deutlich vertikal und zeigen eine entsprechende Retrognathie des Oberkiefers. Dennoch können auch funktionell entwicklungshemmende Einflüsse nachgewiesen werden. Sie stehen offensichtlich mit dem Verschluss des weichen Gaumens und dessen eingeschränkter Funktion bzw. mit einer erschwerten Nasenatmung in engem Zusammenhang. Sie gänzlich zu eliminieren, muss das Ziel zukünftiger Rehabilitation sein.

6 Zusammenfassung

Die Behandlung von Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte stellt hohe Anforderungen an die Kenntnisse der Morphologie des Gesichtsschädels und der Wachstumsprozesse unter den Bedingungen dieser Spaltfehlbildung. Das wesentliche Ziel der vorliegenden Studie ist es, das Gesichtsschädelwachstum von Patienten mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten vom prä- bis zum postpuberalen Stadium nachzuuntersuchen.
In die Untersuchung wurden 19 männliche, nichtsyndromale Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte aus dem Archiv des Rehabilitationszentrums für Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspaltpatienten an der Universität Rostock einbezogen. Die Untersuchungsgruppe stellt eine Spätkontrolle nach prächirurgischer Frühbehandlung (modifiziert nach Hotz) dar. Diese wurde mit der Geburt begonnen und über den Lippenverschluss (4. – 6. Lebensmonat) bis zum Verschluss des weichen Gaumens ausgedehnt (12. – 15. Lebensmonat). Die Uranoplastik erfolgte zwischen dem 5. und 6. Lebensjahr.
Als Kontrollgruppe wurden 14 männliche, kieferorthopädisch unbehandelte Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung aus der *Rostocker Wachstumsstudie* (Heckmann 1975, Heckmann et al. 1974, Klink-Heckmann und Fischer 1997, Stahl 2007) herangezogen. Die Patienten der Untersuchungs- und Kontrollgruppe wurden mittels der CVM-Methode (Cervical Vertebral Maturation Methode) modifiziert nach Baccetti et al. (2002, 2003) anhand ihrer skelettalen Reife zum Untersuchungszeitpunkt T1 (CS1-2) und T2 (CS5-6) gematcht. Insgesamt wurden 38 Fernröntgenseitenaufnahmen der Untersuchungsgruppe und 28 Aufnahmen der Kontrollgruppe mittels des *Rostocker Wachstumsanalyse Tools* (ROWAT) (Stahl 2007) kephalometrisch, tensoranalytisch und visuell nachuntersucht.

Auf einer 0,003“ matten Azetatfolie (Fa. Dentaurum) wurden alle Röntgenaufnahmen der Untersuchungsgruppe und der Probanden aus der Kontrollgruppe von einem erfahrenen Untersucher (JN) manuell mit einem angespitzten 2H Faber-Castell Fallminenstiftes auf einem Lichtkasten unter dunklen Lichtverhältnissen durchgezeichnet. Die Doppelkonturen anatomischer Strukturen wurden gemittelt. Die für die kephalometrische Analyse und für die Tensoranalyse benötigten kephalometrischen Referenzpunkte wurden markiert. Wegen der spaltbedingten Schwierigkeit des Einzeichnens der Spina nasalis anterior wurden alle

Durchzeichnungen von einem zweiten erfahrenen Untersucher speziell auf die Lage des Oberkieferplanums kontrolliert. Sämtliche Durchzeichnungen wurden mit einem Durchlichtscanner (Epson® Perfection V750 Pro, Epson, Deutschland) mit 300 dpi und 8 Bit Graustufen für die anschließende rechnergestützte Analyse digitalisiert. Alle Röntgenbilder der Untersuchungsgruppe wurden im Abstand von einem Monat zweimal durchgezeichnet, digitalisiert und der Methodenfehlerbetrachtung unterzogen.
Im ersten Teil der vorliegenden Studie erfolgt die Digitalisierung der 26 Referenzpunkte für die metrische Kephalometrie mittels *Rostocker Kephalometrischer Analyse* (ROKA). Die Software ermittelt die angulären und linearen Messwerte, die für die statistische Auswertung in eine Excel-Tabelle exportiert wurden. Die metrischen Parameter der kephalometrischen Analyse wurden anschließend aufgrund der bekannten Vergrößerungsfaktoren in lebensgroße Dimensionen umgerechnet.
Der zweite Teil der Studie dient der tensoranalytischen Auswertung. Hierfür wurden dieselben eingescannten Durchzeichnungen, die auch in ROKA verwendet wurden, benutzt. Die Digitalisierung der kephalometrischen Referenzpunkte für die Tensoranalyse erfolgte mittels *Rostocker Tensoranalyse* (ROTA). ROTA ermöglicht erstmals die Berechnung, die graphische Darstellung und die Ausgabe der Winkel und Dilatationen beliebig vieler Dreiecke (Stahl 2007). Die Angabe der Messwerte für die Dilatationen (D1 und D2) und Winkel (α und β) erfolgt jeweils in dimensionslosen Zahlen und in Grad. Es wurden 7 Dreiecke definiert. Die tensoranalytischen Messwerte jedes Dreieckes (D1, D2, α und β) sind für die statistische Analyse in Microsoft Excel® exportiert worden.
Als dritter Teil der Arbeit wurden ausgewählte kephalometrische Datensätze unter Anwendung eines weiteren Auswertungstools, der *Rostocker Visuellen Analyse* (ROVA), dargestellt. Die von Stahl (2007) erstmalig vorgestellte *Rostocker Visuelle Analyse* (ROVA) ermöglicht die umfangreiche Darstellung von Daten, die vollständig und ohne Verlust abgebildet werden können. In der vorliegenden Studie findet die Visualisierung kephalometrischer Ergebnisse mittels ROVA zum ersten Mal praktische Anwendung. Aus den zur Verfügung stehenden Visualisierungstechniken wurden die Table Lens ausgewählt, da sie durch ihre Sortierfunktion die Darstellung beliebig vieler Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Variablen und Patientengruppen zulassen.

Neben einem geeigneten Rehabilitationsprogramm hat die kephalometrische Analyse den Nachweis erbracht, dass die Untersuchungs- und Kontrollgruppe am Anfang des Beobachtungszeitraums einen vergleichbaren vertikalen Gesichtsschädelaufbau (NSBa-Winkel, ML-NSL-Winkel, Face Height Relation) aufwiesen und damit ein

adäquater Vergleich möglich war. Bei der Bewertung metrischer Parameter musste die akzelerationsbedingte Zunahme der Körpergröße der jüngeren Untersuchungsgruppe berücksichtigt werden.

Die Patienten der Untersuchungsgruppe zeigen immer noch mehrheitlich einen eher vertikal orientierten Gesichtsschädelaufbau (Y-Achsenwinkel 71,5°), wobei das vertikale Wachstum anders zu verlaufen scheint. Es ist durch eine reduzierte Vertikalentwicklung im posterioren Bereich des Mittelgesichtes (insbesondere die Strecke S-Ba und der Winkel NL-NSL) charakterisiert und weniger durch eine Überentwicklung im anterioren Bereich verursacht. Neben der sagittalen Lage des Oberkiefers, repräsentiert durch den SNA-Winkel, der eine signifikante Reduktion um 4,4° (Verringerung der Prominenz der Prämaxilla) über den Untersuchungszeitraum erfährt, offenbart die Metrik die größten Diskrepanzen. Die Länge der Strecke Spa-Spp reduziert sich leicht um 0,8mm und bei der Mittelgesichtslänge (Co-A) können nur halb so große Zuwächse registriert werden. Trotz dessen bleibt die Maxilla mit einem SNA-Winkel von 79,6° auf einem akzeptablen Level. Das Unterkieferwachstum lässt vergleichbare Zuwachsraten erkennen, kann aber das sagittale Defizit (SNB-Winkel 75,0°) nicht vollständig aufholen und endet, intermaxillär betrachtet, bei den meisten Spaltträgern in einer moderaten skelettalen Klasse II.

Die Dreiecke SNA und SBaSpp der Tensoranalyse bestätigen die Wachstumshemmung des Oberkiefers in sagittaler Richtung. Es kann vor allem eine Entwicklungshemmung im posterioren Bereich des Mittelgesichtes identifiziert werden. Aber auch ein gewisser wachstumshemmender Effekt in Richtung des A-Punktes ist nachweisbar. Des Weiteren können die in der metrischen Kephalometrie gefundenen Reduktionen des vertikalen Wachstums im posterioren Anteil des Mittelgesichtes durch das Dreieck SppAB und des Unterkieferwachstums in der Sagittalen durch das Dreieck ArGoMe nachgewiesen werden.

Durch die erstmalige Anwendung der *Rostocker Visuellen Analyse* (ROVA) wird es möglich, die Wachstumsvorgänge auch im Gruppenvergleich in ihrer Verschiedenartigkeit, die im Mittelwert und anderen statistischen Parametern nicht zum Ausdruck kommen, sichtbar zu machen. Die Table Lens erlauben einen Einblick in die Entwicklungsprozesse des Spaltpatienten im Vergleich zur Individualität, wie sie auch unter den Bedingungen einer regelrechten Gebissentwicklung im Bereich des Gesichtsschädels möglich ist.

Trotz der wachstumsorientierten kieferorthopädischen Behandlung durch das Rostocker Betreuungskonzept von Geburt an bestätigt die vorliegende Studie die offensichtlich spaltbedingte, systematische und möglicherweise unvermeidliche Wachstumshemmung des Oberkiefers. Die wachstumshemmenden Effekte für die Vorentwicklung des Oberkiefers sind insbesondere im posterioren Bereich des Mittelgesichtes lokalisiert. Dementsprechend ist das Belassen einer kleinen sagittalen Stufe mit vergrößertem ANB-Winkel und SNA-Winkel zu einem jüngeren Zeitpunkt (8. - 12. Lebensjahr) erstrebenswert. In Übereinstimmung mit anderen Langzeitbetrachtungen, ist eine Retraktion des Zwischenkiefers als prognostisch ungünstig einzuschätzen.

Ziel ist es, trotz erreichter Erfolge weiter daran zu arbeiten und den Spaltträger in seiner Entwicklung dem Nichtspaltträger anzugleichen. Die vorliegende Studie stellt mit dem Vergleich von Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte und der Kontrollgruppe aus der *Rostocker Wachstumsstudie* einen hohen Anspruch an das eigene Vorgehen im Rehabilitationsprogramm. Sie zeigte zudem erstmalig auf, dass die Spaltpatienten eine höchst unterschiedliche Probandengruppe sind. Das allein bestätigt die erfolgreichen rehabilitativen Maßnahmen. Dennoch können auch funktionelle, entwicklungshemmende Einflüsse nachgewiesen werden. Sie stehen offensichtlich mit dem Verschluss des weichen Gaumens bzw. mit einer erschwerten Nasenatmung und dessen Funktion in engem Zusammenhang. Sie gänzlich zu eliminieren, muss das Ziel zukünftiger Rehabilitation sein. Der Kieferorthopäde und der Logopäde können dabei helfen, chirurgische Ergebnisse durch Wachstumsförderung und Training zu optimieren.

7 Literaturverzeichnis

Andrä A
Die Auswertung lateraler Fernröntgenbilder zur Beurteilung der morphologischen Verhältnisse im Oberkiefer-Mittelgesichtsbereich Kiefer-Gaumen-Spalten.
Dtsch Zahnärztl Z. 1965; (1) 20:196-202.

Andrä A, Neumann HJ
Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.
VEB J. A. Barth Leipzig 1989.

Andrä A, Schultz W, Steinberg M
Zur Häufigkeitsverteilung und Epidemiologie der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten.
Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl 1988; 76(4):389–392.

Atherton JD
The Natural History of the Bilateral Cleft.
The Angle Orthodontist 1974; 44(4):269–278.

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr
An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth.
Angle Orthod 2002; 72(4):316–323.

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr
The cervical vertebral maturation method: some need for clarification.
Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;123(1):19A–20A.

Bardach J
The influence of cleft lip repair on facial growth.
Cleft Palate J 1990; 27(1):76–78.

Bardach J, Mooney M P
The relationship between lip pressure following lip repair and craniofacial growth: an experimental study in beagles.
Plast Reconstr Surg 1984; 73(4):544–555.

Bartzela TN, Carels C, Bronkhorst E, Rønning E, Rizell S, Kuijpers-Jagtman AM
Tooth agenesis patterns in bilateral cleft lip and palate.
Eur J Oral Sci 2010 ; 118 :47–52

Bartzela TN
Treatment outcome in patients with bilateral cleft lip and palate. An intercentre study on dentofacial morphology until 12 years of age.
[PhD-Thesis], Nijmegen, Niederlande 2011.

Baume L
Experimentelle Erforschung der Skelett-Morphogenese mit spezieller Berücksichtigung der Schädelentwicklung
Schweiz Monatsschr Zahnheilk 1957; 67:673–684.

Baume L
Entwicklungsmechanik des Mittelgesichts aus embryonaler Sicht.
Dtsch Zahn-, Mund- und Kieferheilk 1962; (38):1–18.

Bialik V, Bialik G M, Blazer S, Sujov P, Wiener F, Berant M
Developmental dysplasia of the hip: a new approach to incidence.
Pediatrics 1999; 103(1):93–99.

Bitter K
Latham's appliance for presurgical repositioning of the protruded premaxilla in bilateral cleft lip and palate.
J Craniomaxillofac Surg 1992; 20(3):99–110.

Bitter K
Chirurgische Erstbehandlung der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten im Jahr 2000. Bericht über die Entwicklung der Methoden in den letzten 30 Jahren und aktueller Stand der chirurgischen Technik.
Mund Kiefer GesichtsChir 2000; 4(1):49–60.

Björk A
Wachstumsrotation des Gesichts - Betrachtung über ihre Definition und Ursachen.
Inf Orthod Kieferorthop 1994; (26):139–149.

Björk A, Skieller V
Growth of the maxilla in three dimensions as revealed radiographically by the implant method.
Br J Orthod 1977; 4(2):53–64.

Boo-Chai K
The unoperated adult bilateral cleft of the lip and palate.
Br J Plast Surg 1971; 24(3):250–257.

Bookstein FL
On the cephalometrics of skeletal change.
Am J Orthod 1982; 82(3):177–198.

Chiari FM und Hollmann K
Kephalometrische Betrachtung über die Entwicklung des Gesichtsschädels von Patienten mit Lippen-, Kiefer-, und/oder Gaumenspalten.
Dtsch Mund Kiefer Gesichtschir 1983; 7:451-456.

Crull G
Gebissentwicklung, Gesichtsschädelwachstum und Sprachbefunde bei Kindern mit Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten nach Velopharyngoplastik – eine Längsstudie.
[Med. Diss.] Rostock 1993.

Dahl E
Craniofacial morphology in congenital clefts of the lip and palate.
Acta Odontol Scand 1970; 28:1–13.

da Silva Filho OG, Normando AD, Capelozza Filho L
Mandibular growth in patients with cleft lip and/or cleft palate--the influence of cleft type.
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1993;104(3):269-75.

da Silva Filho OG, Carvalho LRC, Capelozza FL, Semb G
Craniofacial morphology in adult patients with unoperated complete bilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate Craniofac J 1998; 35(2):111–119.

da Silva Filho OG, Valladares NJ, Capelloza FL, de Souza FA
Influence of lip repair on craniofacial morphology of patients with complete bilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate Craniofac J 2003 ; 40(2):144–153.

da Silva Filho OG, Silva LT, de Almeida AM, da Silav HC
Evaluation of the midpalatal suture during rapid palatal expansion in children: a CT study.
J Clin Pediatr Dent 2005; 29(3):231–238.

Delaire J
L'articulation fronto-maxillaire. Bases theoriques et principes generaux d'application des forces extra-orales postero-anterieures sur masque orthopedique.
Rev Stomatol Chir Maxillofac 1976; 77(7):921–930.

Delaire J, Precious D
Influence of the nasal septum on maxillonasal growth in patients with congenital labiomaxillary cleft.
Cleft Palate J 1986; 23(4):270–277.

Diah E, Lo LJ, Huang CS, Sudjatmiko G, Susanto I, Chen YR
Maxillary growth of adult patients with unoperated cleft: answers to the debates.
Journal of Plastic,
Reconstructive Aesthetic Surgery 2007; 60(4):407–413.

Dieckmann O
Die Notwendigkeit der logopädisch-kieferorthopädischen Zusammenarbeit für die Sprach- und Gebissentwicklung bei Spaltträgern.
Stomatol DDR 1979; 29(11):864–868.

EckardtL, Gebert E, Harzer W
Tensor Analytical Evaluationof the Effects of a Skeletonized Activator in the Treatment of Class II, Division 1 Patients.
J Orofac Orthop 2001; 62:337-349.

Enlow DH
Wolff's law and the factor of architectonic circumstance.
Am J Orthod 1968; 54(11):803–822.

Enlow DH
Wachstum und Entwicklung der Gesichtsstrukturen.
In: Schmuth G,Vardimon AD, Kieferorthopädie, Stuttgart, New York, Thieme Verlag 1994.

Enlow DH, Hans MG
Essentials of Facial Growth
Needham Press, 1996

Enlow DH, Hunter WS
The growth of the face in relation to the cranial base.
Rep Congr Eur Orthod Soc. 1968;44:321-35.

Enlow DH, Moyers RE
Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin, Chicago, London Quintessenz-Verlags-GmbH 1989.

Fleiner B, Godberson GS, Gebhardt G, Hansen B, Härle F, Lambrecht JT, Gribbohm S
Long term result with regards to speech, hearing and growth in 15-27 years old cleft patients following two-stage palaoplasty.
Craniofacil abnormalities and cleft of lip, alveolus and palate, 4th Hamburg International Symposium, ed by Pfeifer G, Stuttgart, Georg Thieme Verlag 1991

Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr
Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height.
Am J Orthod Dentofacial Orthop 2000;118(3):335-40.

Fränkel R
Die Bedeutung der Weichteile für die Induktion und die Formorientierung des Kieferwachstums unter Zugrundelegung der Behandlungsergebnisse mit Funktionsregler.
Fortschr Kieferorthop 1964; (25):413–432.

Fränkel R
Funktionskieferorthopädie und der Mundvorhof als apparative Basis.
Berlin, Volk und Gesundheit 1967

Friede H
Growth sites and growth mechanisms at risk in cleft lip and palate.
Acta Odontol Scand 1998; 56(6):346–351.

Friede H, Priede D, Möller M, Maulina I, Lilja J, Barkane B
Comparisons of facial growth in patients with unilateral cleft lip and palate treated by different regimens for two-stage palatal repair.
Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1999 Mar;33(1):73-81.

Friede H, Enemark H
Long-term evidencefor favorable midfacial growth after delayed hard palate repair in UCLP patients.
Cleft Palate Craniofacial J 2001; 38(4):323–329.

Friede H, Figuera AA
Palate closure surgery: one stage or two?
Cleft Palate Craniofac J 2007; 44(4):456–457.

Friede H, Morgan P
Growth of the vomero-premaxillary suture in children with bilateral cleft lip and palate. A histological and roentgencephalometric study.
Scand J Plast Reconstr Surg 1976; 10(1):45–55.

Friede H, Priede D, Moller M, Maulina I, Lilja J, Barkane B
Comparisons of facial growth in patients with unilateral cleft lip and palate treated by different regimens for two-stage palatal repair.
Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1999; 33(1):73–81.

Friede H, Pruzansky S
Longitudinal study of growth in bilateral cleft lip and palate, from infancy to adolescence.
Plast Reconstr Surg 1972; 49(4):392–403.

Friede H, Pruzansky S
Long-term effects of premaxillary setback on facial skeletal profile in complete bilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate J 1985; 22(2):97–105.

Gabka J
Hasenscharten und Wolfsrachen
De Gruyter Verlag, Berlin 1964.

Gaggl A, Schultes G, Prager K, Kärcher H
Dreidimensionale Gebiss- und Fernröntgenanalyse bei Patienten mit Spaltbildungen des Gesichtsschädels.
Acta Chir Austriaca 1999; 31(3):170–176.

Gaggl A, Feichtinger M, Schultes G, Santler G, Pichlmaier M, Mossböck R, Kärcher H
Cephalometric and occlusal outcome in adults wit unilateral cleft lip, platae and alveolus after two different surgical techniques.
Cleft Palate Craniofac J 2003, 40(3):249-255-

Gerlach HG
Klinische Beobachtungen über das Wachstumspotential im prämaxillären Bereich.
Fortschr Kieferorthop 1965; 26(4):396–408.

Gnoinski W
Early identification of candidates for corrective maxillary
osteotomy in a cleft lip and palate group.
Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1987;21:39-44

Gnoinski WM, Rutz G
A longitudinal cephalometric study from age 5 to 18 years on individuals with complete bilateral cleft lip and palate.
J Craniofac Surg 2009; 20 Suppl 2:1672–1682.

Grabowski R
Gesichtsschädelentwicklung beim Spaltträger.
[Med. Habil.] Rostock 1983.

Grabowski R
Die Aufgaben der Kieferorthopädie im Rahmen der komplexen Rehabilitation des Spaltträgers.
Stomatol DDR 1984; 34(6):375–381.

Grayson BH, Bookstein FL, McCarthy JG, Mueeddin T
Mean Tensor Cephalometric Analysis of a Patient Population with Clefts of the Palate and Lip.
Cleft Palate J 1987; 24(4):267–277.

Gundlach KK, Maus Ch
Epidemiological studies on the frequency of clefts in Europe and world-wide.
J Craniomaxillofac Surg 2006; 34(2):1–2.

Gu Y, McNamara JA
Mandibular growth changes and cervical vertebral maturation. a cephalometric implant study.
Angle Orthod. 2007; 77(6):947–53.

Hasund A
Klinische Kephalometrie für die Bergen Technik.
University of Bergen, Norway.

Hausser E
Wachstum und Entwicklung des Unterkiefers in Relation zum Gesichtsschädel.
Fortschr Kieferorthop 1973 (34):74–87.

Heckmann U
Über den Einfluss der Zunge bei der Entstehung der Progenie.
Fortschr Kieferorthop 1962; (23):193–196.

Heckmann U
Längsschnittuntersuchungen der Gebissentwicklung und daraus resultierende Schlussfolgerungen für die kieferorthopädische Behandlungsplanung im Milchgebiss.
Stomatol DDR 1975; 25(7):445–448.

Heckmann U, Grabowski R, Brune K
Über die Breiten- und Längenentwicklung des Gebisses.
Dtsch Zahn Mund Kieferheilk Zentralbl Gesamte 1974; 62(5):429–435

Heidbüchel KL, Kuijpers-Jagtman AM, Freihofer HP
Facial Growth in Patients with Bilateral Cleft Lip and Palate: A Cephalometric Study.
The Cleft Palate-Craniofacial Journal 1994; 31(3):210–216.

Henkel KO, Gundlach KK
Analysis of primary gingivoperiosteoplasty in alveolar cleft repair. Part I: Facial growth.
J Craniomaxillofac Surg 1997; 25(5):266–269.

Hibatulla A
Langzeituntersuchungen des Gesichtsschädelwachstums bei Patienten mit doppelseitigen totalen Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten.
[Med. Diss.] Rostock 2003

Holst Al, Holst S, Nkenke E, Fenner M, Hirschfelder U
Vertical and sagittal growth in patients with unilateral and bilateral cleft lip and palate-a retrospective cephalometric evaluation.
Cleft Palate Craniofac J 2009; 46(5):512–520.

Holtgrave EA
Lippen-Kiefer-Gaumenspalten
Praxis der Zahnheilkunde 11, Kieferorthopädie I, 3. Auflage, hrsg. von Schmuth G, München, Wien, Baltimore, Urban Schwarzenberg Verlag 1994

Honda Y, Suzuki A, Ohishi M, Tashiro H
Longitudinal study on the changes of maxillary arch dimensions in Japanese children with cleft lip and/or palate: infancy to 4 years of age.
Cleft Palate Craniofac J 1995; 32:149–155.

Horswell BB, Gallup BV
Cranial base morphology in cleft lip and palate: a cephalometric study from 7 to 18 years of age.
J Oral Maxillofac Surg 1992; 50(7):681-5; discussion 686.

Hotz MM
Multidisziplinäre Betreuung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten in Zürich.
Stomatol DDR 1979; 29(12):944–954.

Hotz MM, Perko M, Gnoinski W, Nussbaumer H, Hof E
Das Züricher Vorgehen in der Primärbehandlung von Patienten mit totalen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.
Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten, 3. internationales Symposium, hrsg. von Pfeifer G, Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag 1982, 140–148.

Jacobson A
The “Wits” appraisal of jaw disharmony.
Am J Orthod 1975; 67:125–138.

Jarabak JR, Fizzel JA
Technique and Treatment with Lightwire Edgewise Appliance.
St. Louis, Mosby.

Johnson GP
Craniofacial analysis of patients with complete clefts of the lip and palate.
Cleft Palate J 1980; 17(1):17–23.

Jonas I, Kappert HF, Rieder E, Rakosi T, Schilli W, Joos U
Der Einfluss der Lippenplastik auf die dentofaziale Entwicklung bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten.
Fortschr Kieferorthop 1986; 47(5):400–411.

Joos U
The importance of muscular reconstruction in the treatment of cleft lip and palate.
Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1987; 21(1):109–113.

Kerr WJ
A longitudinal cephalometric study of dento-facial growth from 5 to 15 years.
Br J Orthod 1979; 6(3):115–121.

Klink-Heckmann U, Fischer J
Rostocker Tabellen für die Vermessung von Fernröntgenseitenbildern bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen.
Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund-Kieferheilk 1997, Rostock.

Kouwenberg M, Draaisma JM, Kuijpers-Jagtman AM, Bartzela TN
[Associated congenital anomalies in patients with complete cleft lip and palate].
Ned Tijschr Kindergeneeskd 2010; (78):15–20.

Krapels IPC, van Rooijlris ALM, Ocke MC, West CE, van der Horst CMAM, Steegers-Theunissen RPM
Maternal nutritional status and the risk for orofacial cleft offspring in humans.
J Nutr 2004; 134(11):3106–3113.

Kuijpers-Jagtman AM
Kieferorthopädische Aspekte bei der Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten
Inf. Orthod. Kieferorthop. 1995; 27:345–355.

Kyzer SP, Stark SL
Congenital idiopathic clubfoot deformities.
AORN Journal 1995; 61(3):492–506.

Latham RA
Maxillary development and growth: septo-premaxillary ligament
J Anat 1970; 107:471–478.

Latham RA
Development and structure of the premaxillary deformity in bilateral cleft lip and palate.
Br J Plast Surg 1973; 26(1):1–11.

Latham RA, Kusy RP, Georgiade NG
An extraorally activated expansion appliance for cleft palate infants.
Cleft Palate J 1976; 13:253–261.

Latief BS, Lekkas C, Kuijpers MA
Maxillary arch width in unoperated adult bilateral cleft lip and alveolus and complete bilateral cleft lip and palate.
Orthod Craniofac Res 2010; 13(2):82–88.

Li Y, Shi B, Song QG, Zuo H, Zheng Q
Effects of lip repair on maxillary growth and facial soft tissue development in patients with a complete unilateral cleft of lip, alveolus, and palate.
J Craniomaxillofac Surg 2006; 34:355–361.

Liao YF, Cole TJ, Mars M
Hard palate repair timing and facial growth in unilateral cleft lip and palate: a longitudinal study.
Cleft Palate Craniofac J 2006; 43(5):547–556.

Liao YF, Mars M
Long-term effects of lip repair on dentofacial
morphology in patients with unilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate Craniofac J 2005;42:526–532.

Lisson JA, Hanke I, Tränkmann J
Vertical changes in patients with complete unilateral and bilateral cleft lip, alveolus and palate.
J Orofac Orthop 2004; 65(3):246–258.

Lisson JA, Heib N, von Moeller S, Ludwig B, Spitzer WJ
Treatment Results at 10, 15 and 18 Years of Age in Patients with Complete Bilateral Cleft Lip and Palate - An Inter-center Comparison.
Cleft Palate Craniofac J 2011:29.

Long RE Jr
The clefting condition.
McKinstry R, ed. Cleft Palate Dentistry. Arlington, VA: ABI Professional Publications; 1998:1–33.

Luijsterburg AJM, Vermeij-Keers C
Ten years recording common oral clefts with a new descriptive system.
Cleft Palate Craniofac J 2011; 48(2):173–182.

Magdalenic-Mestrovic M, Bagatin M
An epidemiological study of orofacial clefts in Croatia 1988-1998.
J Craniomaxillofac Surg 2005; 33(2):85–90.

McKee TL
A cephalometric radiographic study of tongue position in individuals with cleft palate deformity.
Angle Orthod 1956; 26:99–109.

Mc Namara JA Jr
A method of cephalometric evaluation.
Am J Orthod 1984; 86:449–469.

Melissaratou A, Friede E
Zahnbögen und Okklusion bei Patienten mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte nach zwei unterschiedlichen operativen Verfahren des Gaumenverschlusses.
Fortschr Kieferorthop 2002; 63:300-314.

Milerad J, Larson O, Hagberg C, Ideberg M
Associated malformations in infants with cleft lip and palate: a prospective, population-based study.
Pediatrics 1997; 100(2 Pt 1):180–186.

Moore WJ
Skull form in homonoids.
Progress in Anat. 1982; (2):49–79.

Moss ML
The capsular matrix.
Am J Orthod 1969; 56:474–490.

Moss ML
Twenty years of functional cranial analysis.
Am J Orthod1972; 61(5):479–485.

Moss ML
Funktionelle Schädelanalyse und die funktionelle Matrix
Fortschr Kieferorthop 1973; 34:48–63.

Moss ML, Rankow RM
The role of the functional matrix in mandibular growth.
Angle Orthod 1968; 38(2):95–103.

Motohashi N, Pruzansky S
Long-term effects of premaxillary excision in patients with complete bilateral cleft lips and palates.
Cleft Palate J 1981; 18(3):177–187.

Narula JK, Ross RB
Facial growth in children with complete bilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate J 1970; (7):239–248.

Neumann D
Gesichtsschädelentwicklung bei Patienten mit doppelseitigen totalen Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten – eine Langzeitstudie.
[Diss. Med.] Universität Rostock1996.

Neumann HJ
1985; In: Andrä A, Neumann HJ, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten
VEB J. A. Barth Leipzig 1989.

Neumann HJ
1986; In: Andrä, A.; Neumann, H.-J., Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten.
Reinbek: Einhorn-Presse Verlag 1996.

Neumann HJ
1994; In: Andrä, A.; Neumann, H.-J., Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten.
Reinbek: Einhorn-Presse Verlag 1996.

Nguyen PN, Sullivan PK
Issues and controversies in the management of cleft palate.
Clin Plast Surg 1993; 20(4):671–682.

Noverraz AE, Kuijpers-Jagtman AM, Mars M, van't Hof MA
Timing of hard palate closure and dental arch relationships in unilateral cleft lip and palate patients: a mixed-longitudinal study.
Cleft Palate Craniofac J 1993; 30(4):391–396.

Opitz Ch
Genetisch bedingte Fehlbildungen im orofaziokranialen Bereich.
Berlin [u.a.]: Quintessenz-Verlag 2001.

Opitz Ch
Kieferorthopädische Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten.
Berlin: Quintessenz-Verlags-GmbH 2002.

Opitz Ch, Shetty DK, Kohler S
Der operative Gaumenverschluss und seine unmittelbaren Folgen auf die Entwicklung des Oberkiefers bei Spaltpatienten. In: Stomatol DDR 1977; 27(5):297–301.

Ortiz-Monasterio F, Olmedo A, Trigos I, Yudovich M, Velazquez M, Fuente-del-Campo A
Final results from the delayed treatment of patients with clefts of the lip and palate.
Scand J Plast Reconstr Surg 1974; 8(1-2):109–115.

Pannbacker M
Congenital malformations and cleft lip and palate.
Cleft Palate J 1968; 5:334–339.

Paulin G, Thilander B
Dentofacial relations in young adults with unilateral complete cleft lip and palate. A follow-up study.
Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1991;25(1):63-72.

Pfeifer G, Pirsig W, Wulff J, Wulff H
Lippen-Kiefer-Gaumenspalten
Ernst Reinhardt Verlag München 1981

Prescott NJ, Winter RM, Malcolm S
Nonsyndromic cleft lip and palate: complex genetics and environmental effects.
Ann Hum Genet. 2001; 65(Pt 6):505–15. Review.

Pruzansky S
The growth of the premaxillary-vomerine complex in complete bilateral cleft lip and palate.
Tandlaegebladet 1971; 75(12):1157–1169.

Ranta R
A review of tooth formation in children with cleft lip/palate.
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1986; 90(1):11–18.

Ricketts RM
Perspectives in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years.
Angle Orthod 1981; 51:115–150.

Rohrich RJ, Rowsell AR, Johns DF, Drury MA, Grieg G, Watson DJ et al.
Timing of hard palatal closure: a critical long-term analysis.
Plast Reconstr Surg 1996; 98(2):236–246.

Rollnick BR, Pruzansky S
Genetic services at a center for craniofacial anomalies.
Cleft Palate J 1981; 18(4):304–313.

Romitti PA, Lidral AC, Munger RG, Daack-Hirsch S, Burns TL, Murray JC
Candidate genes for nonsyndromic cleft lip and palate and maternal cigarette smoking and alcohol consumption: evaluation of genotype-environment interactions from a population-based case-control study of orofacial clefts.
Teratology 1999; 59(1):39–50.

Ross RB
Treatment variables affecting facial growth in complete unilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate J 1987; 24(1):5–77.

Ross RB, Johnston MC
Cleft Lip and Palate
Baltimore: Williams and Wilkins 1972.

Shrout PE, Fleiss JL
Intraclass correlation: Uses in assessing rater reliability.
Psychol Bull 1979; 86:420-428.

Schröder F
Vergleichende Beobachtungen über das Oberkieferwachstum nach unterschiedlichen Operationen von doppelseitigen Lippe- Kiefer-, Gaumenspalten
In: Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten, 3. Internationales Symposium, Hrsg. Pfeifer G, Stuttgart, New York, Thieme Verlag 1982.

Schutte BC, Murray JC
The many faces and factors of orofacial clefts.
Hum Mol Genet 1999; 8(10):1853–1859.

Schweckendiek W, Doz P
Primary veloplasty: long-term results without maxillary deformity. a twenty-five year report.
Cleft Palate J 1978; 15(3):268–274.

Scott JH
The growth and function of the muscles of mastication in relation to development of the facial skeleton and the dention.
Am J Orthod 1994; (40):429–449.

Segl HG
Kiefergelenk und Unterkieferwachstum.
Fortschr Kieferorthop 1973; (34):23–36.

Semb G
A study of facial growth in patients with unilateral cleft lip and palate treated by the Oslo CLP Team.
Cleft Palate Craniofac J 1991; 28(1):1–21; discussion 46–8.

Semb G
A study of facial growth in patients with bilateral cleft lip and palate treated by the Oslo CLP Team.
Cleft Palate Craniofac J 1991; 28(1):22-39; discussion 46–8.

Semb G, Shaw WC
Facial growth in orofacial clefting disorders.
In: Turvey TA, Vig KWL, Fonseca RJ, eds. Facial Clefts and Craniosynostosis. Principles and Management. Philadelphia: WB Saunders; 1996.

Shapira Y, Lubit E, Kuftinec MM, Borell G
The distribution of clefts of the primary and secondary palates by sex, type and locations.
Angle Orthod 1999; 69:523

Shprintzen RJ, Siegel-Sadewitz VL, Amato J, Goldberg RB
Anomalies associated with cleft lip, cleft palate, or both.
Am J Med Genet 1985; 20(4):585–595.

Silvera Q AE, Ishii K, Arai T, Morita S, Ono K, Iida A, Hanada K, Takagi R
Long-term results of the two-stage palatoplasty/Hotz' plate approach for complete bilateral cleft lip, alveolus and palate patients.
J Craniomaxillofac Surg. 2003; 31(4):215–27.

Sivertsen A, Wilcox A, Johnson GE, Abyholm F, Vindenes HA, Lie RT
Prevalence of major anatomic variations in oral clefts.
Plast Reconstr Surg 2008; 121(2):587–595.

Skieller V
Expansion of the midpalatal suture be removable palates, analysed by the implant method
Rep Congr Eur Orthod Soc 1964; 40:143–158.

Smahel Z
Craniofacial morphology in adults with bilateral complete cleft lip and palate.
Cleft Palate J 1984; 21(3):159–169.

Smahel Z
Treatment effects on facial development in patients with unilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate Craniofac J 1994;31:437–445.

Sperber GH, Sperber SM, Guttmann GD
Craniofacial Embryogenetics and Development.
Shelton, People´s Medical Publishing House, USA 2010.

Stahl F
Kephalometrische, tensoranalytische und visuelle Analyse des Gesichtsschädelwachstums bei unbehandelten Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung vom 7. bis 18. Lebensjahr.
[Med. Habil.] Rostock 2007.

Stahl F, Grabowski R, Wigger K
Epidemiology of Hoffmeister's "genetically determined predisposition to disturbed development of the dentition" in patients with cleft lip and palate.
Cleft Palate Craniofac J 2006; 43(4):457–465.

Steiner CC
Cephalometrics for you and me.
Am J Orthod 1953; 39:729–755.

Stutzmann J, Petrovic A
Tierexperimentelle Untersuchung über Zusammenhänge zwischen Zunge, Musculus pterygoideus lateralis, mandibulärem Kondylenknorpel und Gaumennaht.
Fortschr Kieferorthop 1975; (36):354–373.

Tränkmann J, Lisson JA
Behandlungsergebnisse nach beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten.
Kieferorthop 1996; (10):169–180.

Trotman CA, Ross RB
Craniofacial growth in bilateral cleft lip and palate: ages six years to adulthood.
Cleft Palate Craniofac J 1993; 30(3):261–273.

van Limborgh J
A new view of the control of the morphogenesis of the skull.
Acta Morphol Neerl Scand 1970; 8(2):143–160.

van Limborgh J
The role of genetic and local environmental factors in the control of postnatal craniofacial morphogenesis.
Acta Morphol Neerl Scand 1972; 10(1):37–47.

Van den Dungen GM, Ongkosuwito EM, Artman IHA, Prahl-Andersen B
Craniofacial Morphology Of Dutch Patients With Bilateral Cleft Lip And Palate And Noncleft Controls At The Age Of 15 Years.
The Cleft Palate-Craniofacial Journal 2008; 45(6):661–666.

Vanderas AP
Prevalence of craniomandibular dysfunction in children and adolescents: a review.
Pediatr Dent 1987; 9(4):312–316.

Vargervik K
Growth characteristics of the premaxilla and orthodontic treatment principles in bilateral cleft lip and palate.
Cleft Palate J 1983; 20(4):289–302.

Weingärtner J, Lotz K, Fanghänel J, Gedrange T, Bienengräber V, Proff P
Induction and Prevention of Cleft Lip, Alveolus and Palate and Neural Tube Defects with Special Consideration of B Vitamins and the Methylation Cycle.
J Orofac Orthop 2007; 68(4):266–277.

Wigger K
Über die genetisch determinierte Störanfälligkeit der Gebissentwicklung bei Spaltträgern.
[Med. Diss.] Rostock 1996.

Wyszynski DF, Duffy DL, Beaty TH
Maternal cigarette smoking and oral clefts: a meta-analysis.
Cleft Palate Craniofacial J 1997; (34):206–210.

8 Anhang

Ergebnisse der visuellen Analyse

Vertikale kephalometrische Parameter II

Sagittale kephalometrische Parameter V

Metrische kephalometrische Parameter IX

Ergebnisse der visuellen Analyse

Vertikale kephalometrische Parameter

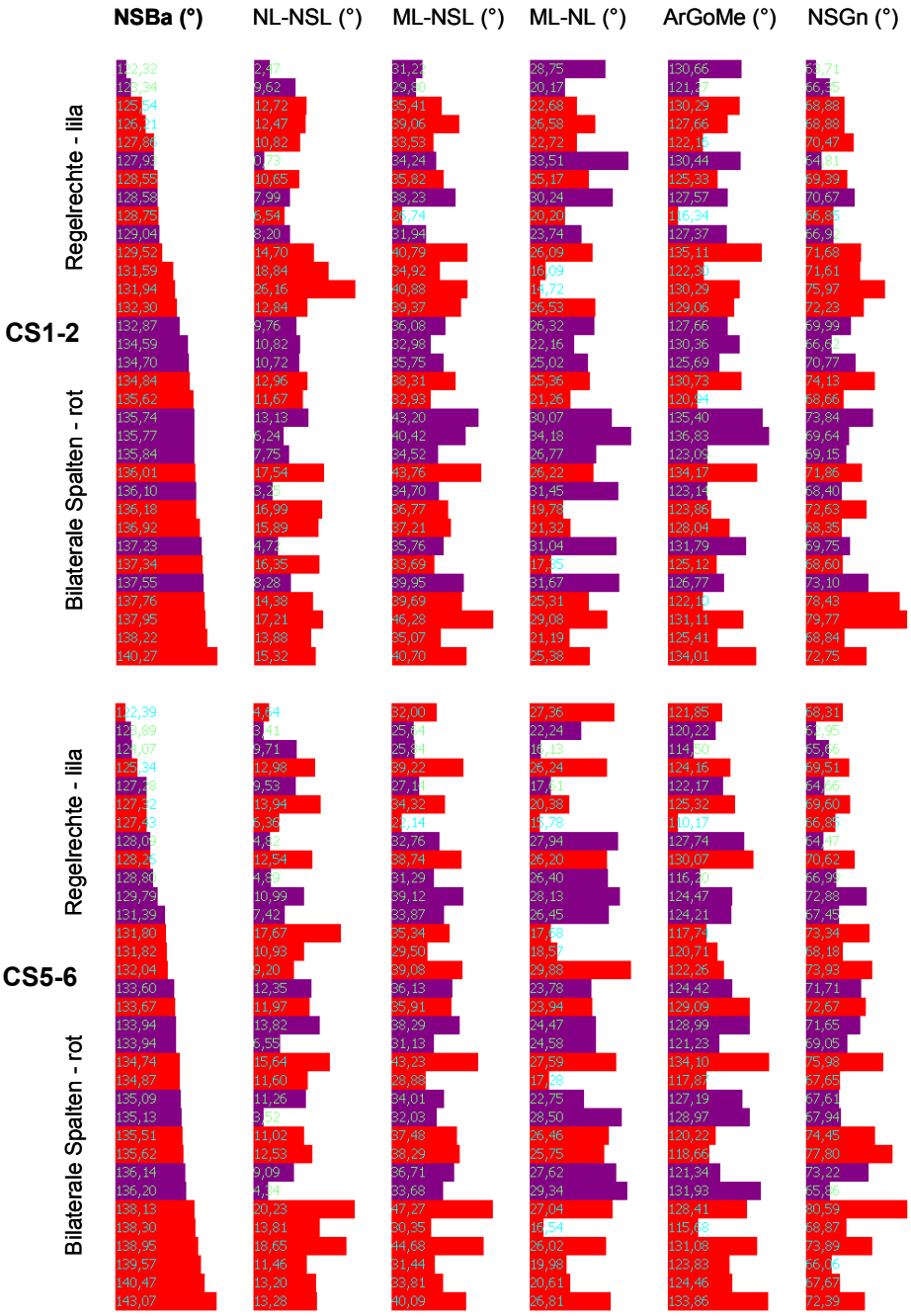

Abbildung A-1
Vertikale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel NSBa (°)

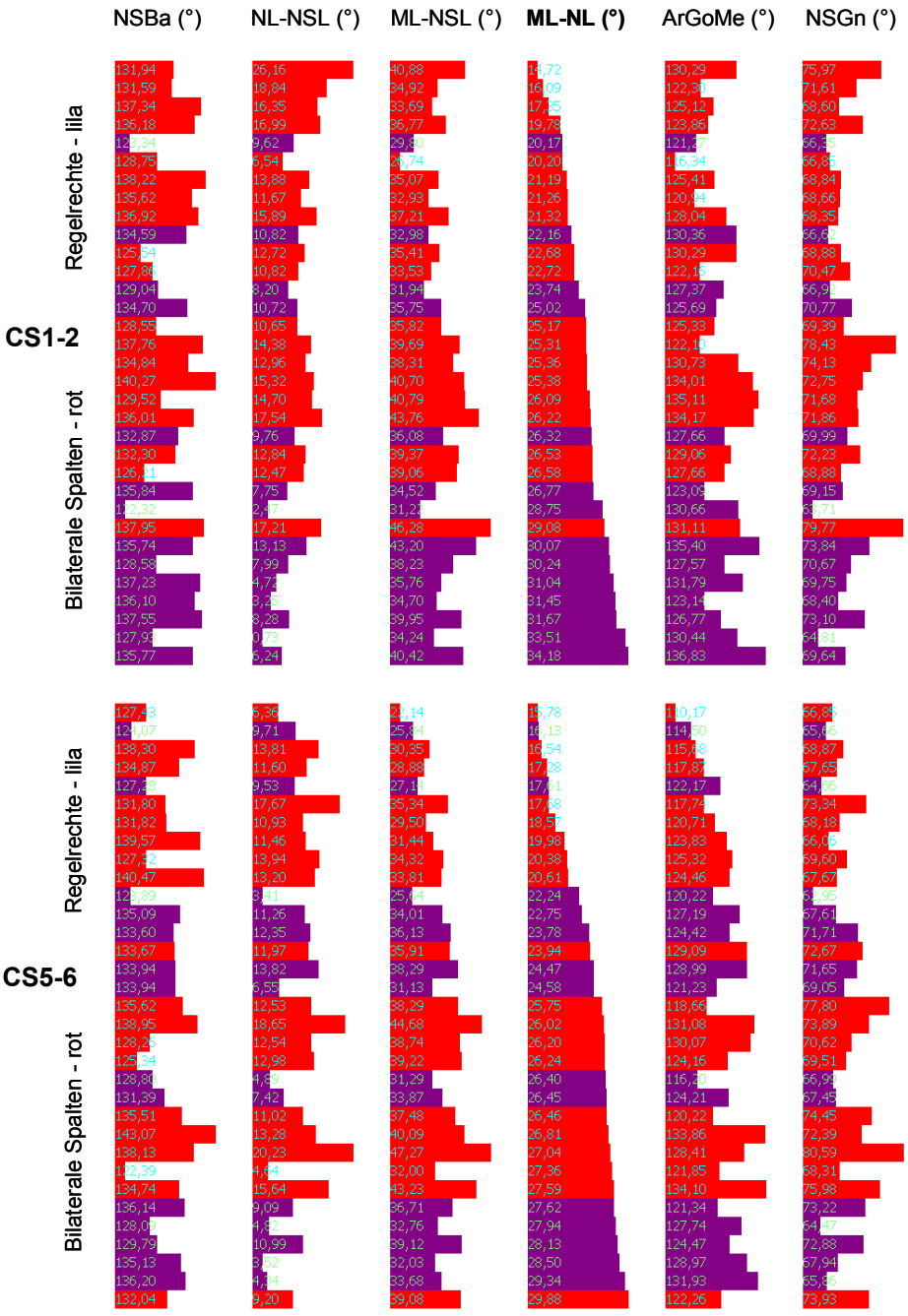

Abbildung A-2
Vertikale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel ML-NL (°)

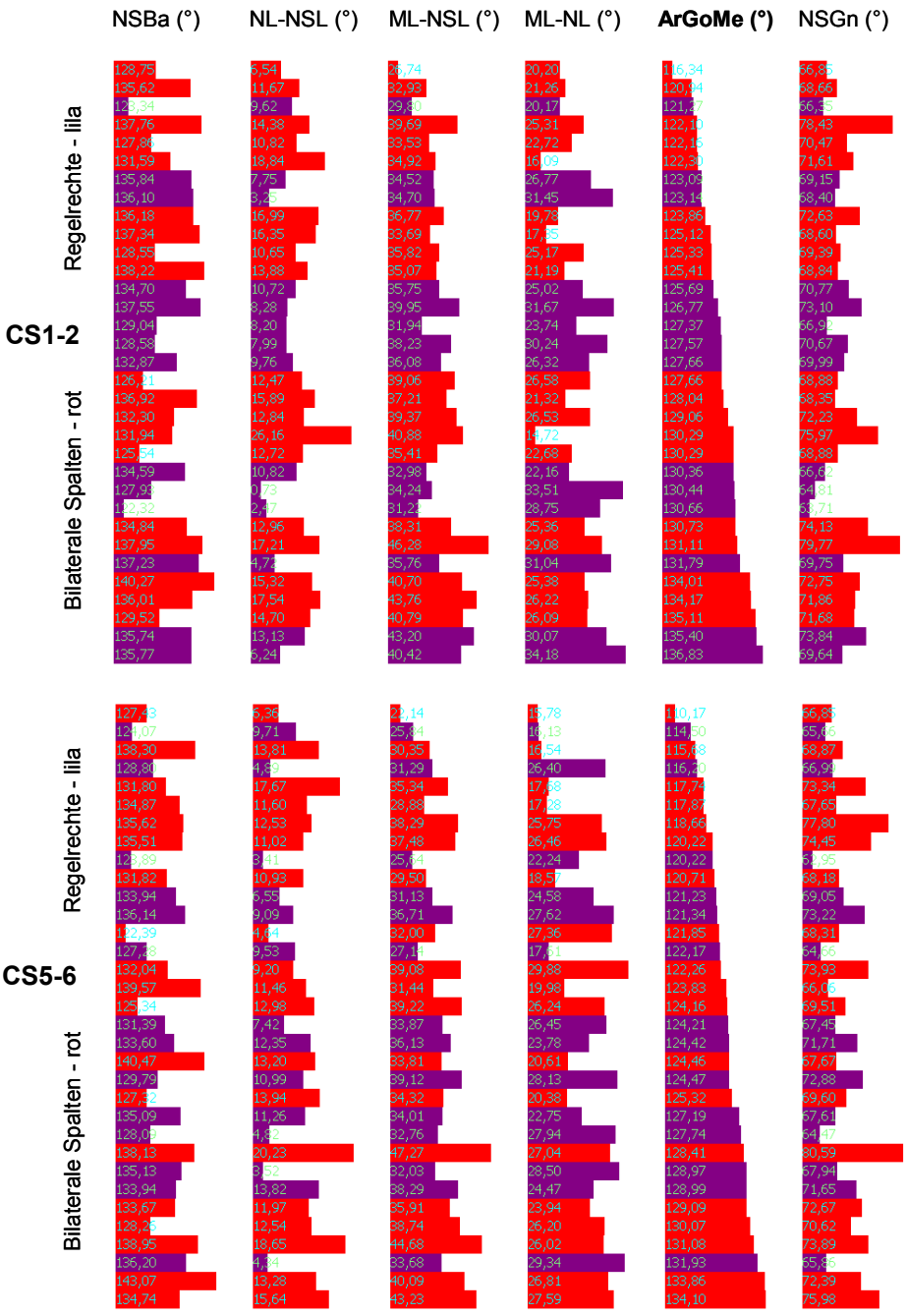

Abbildung A-3

Vertikale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel ArGoMe (°)

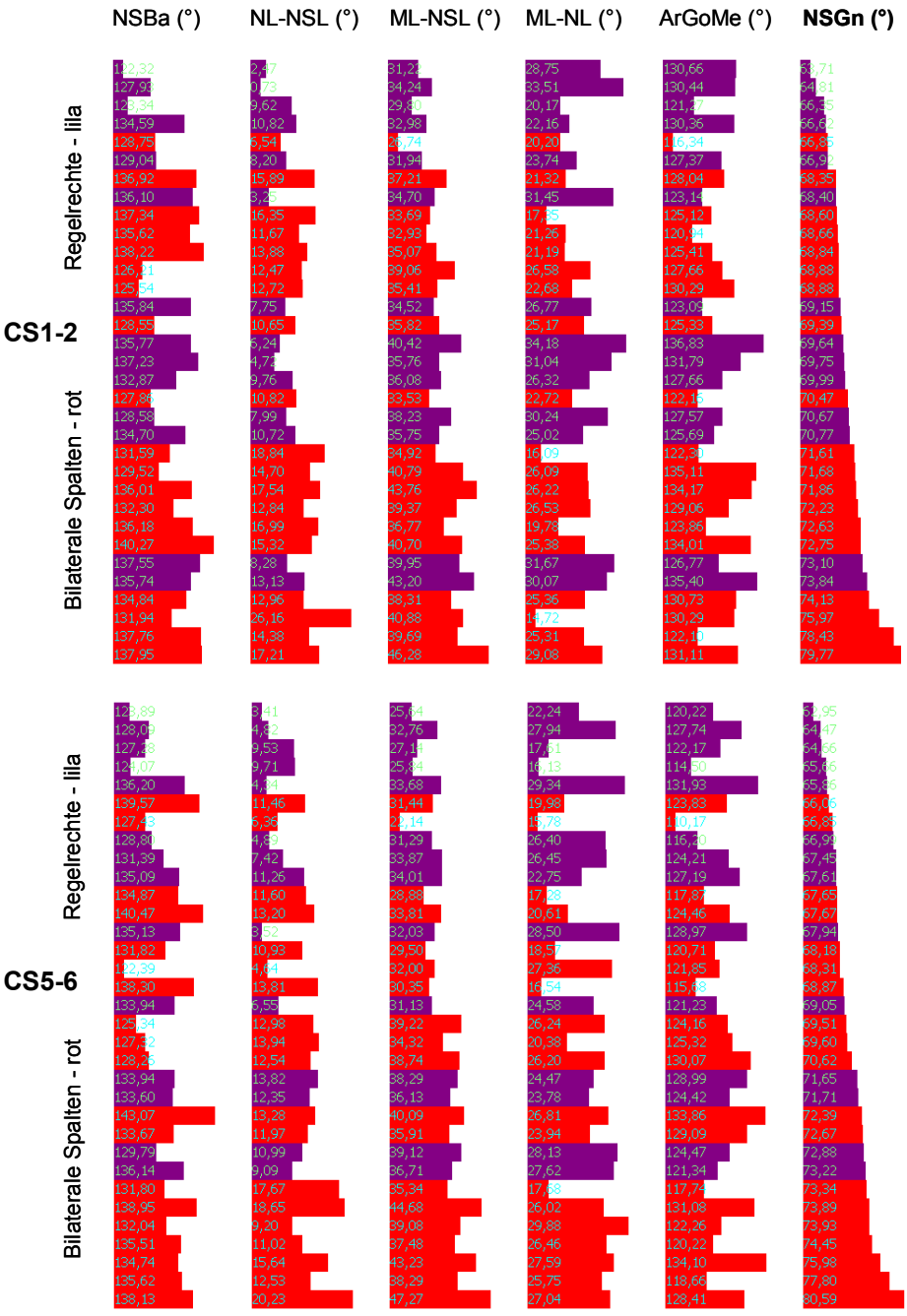

Abbildung A-4

Vertikale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel NSGn (°)

Sagittale kephalometrische Parameter

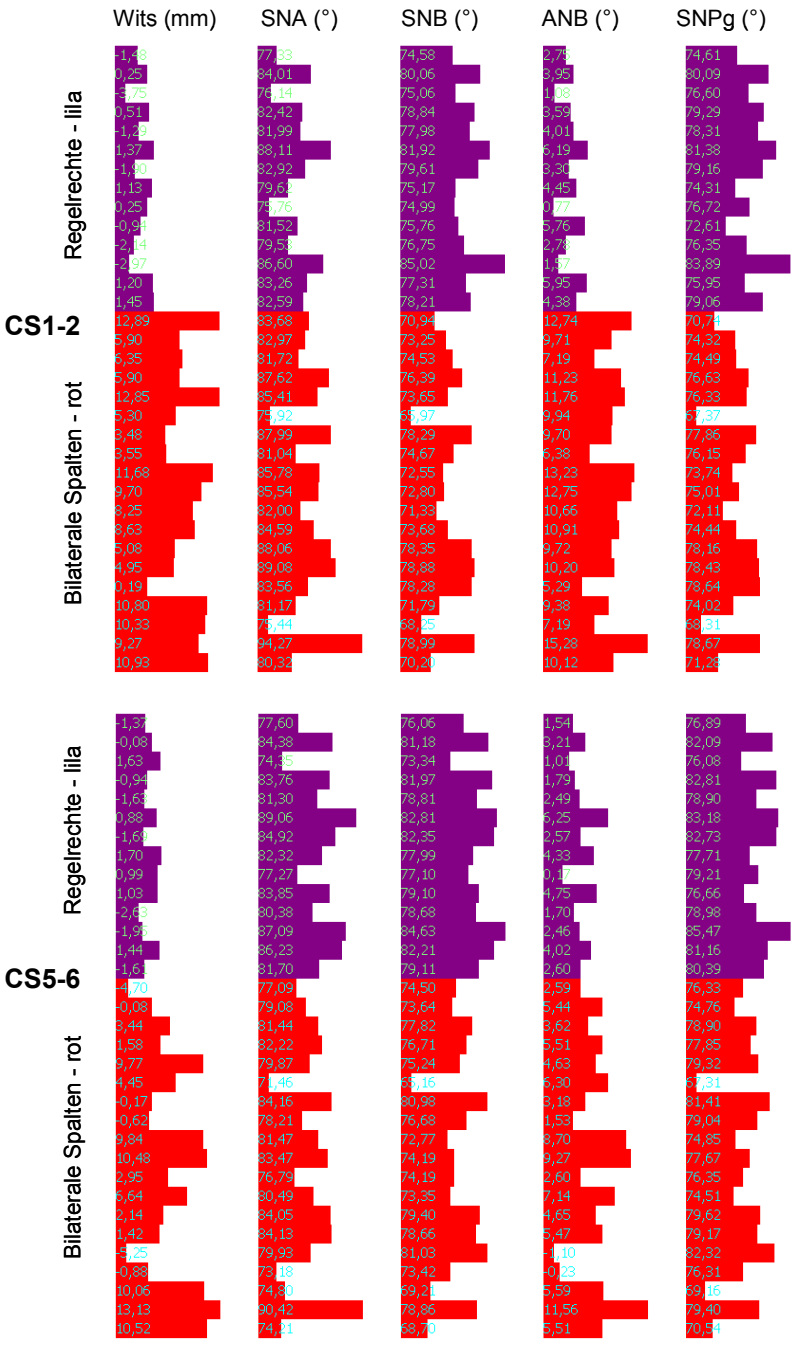

Abbildung A-5
Sagittale Parameter – Table Lens der Probanden der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) in alphabetischer Reihenfolge

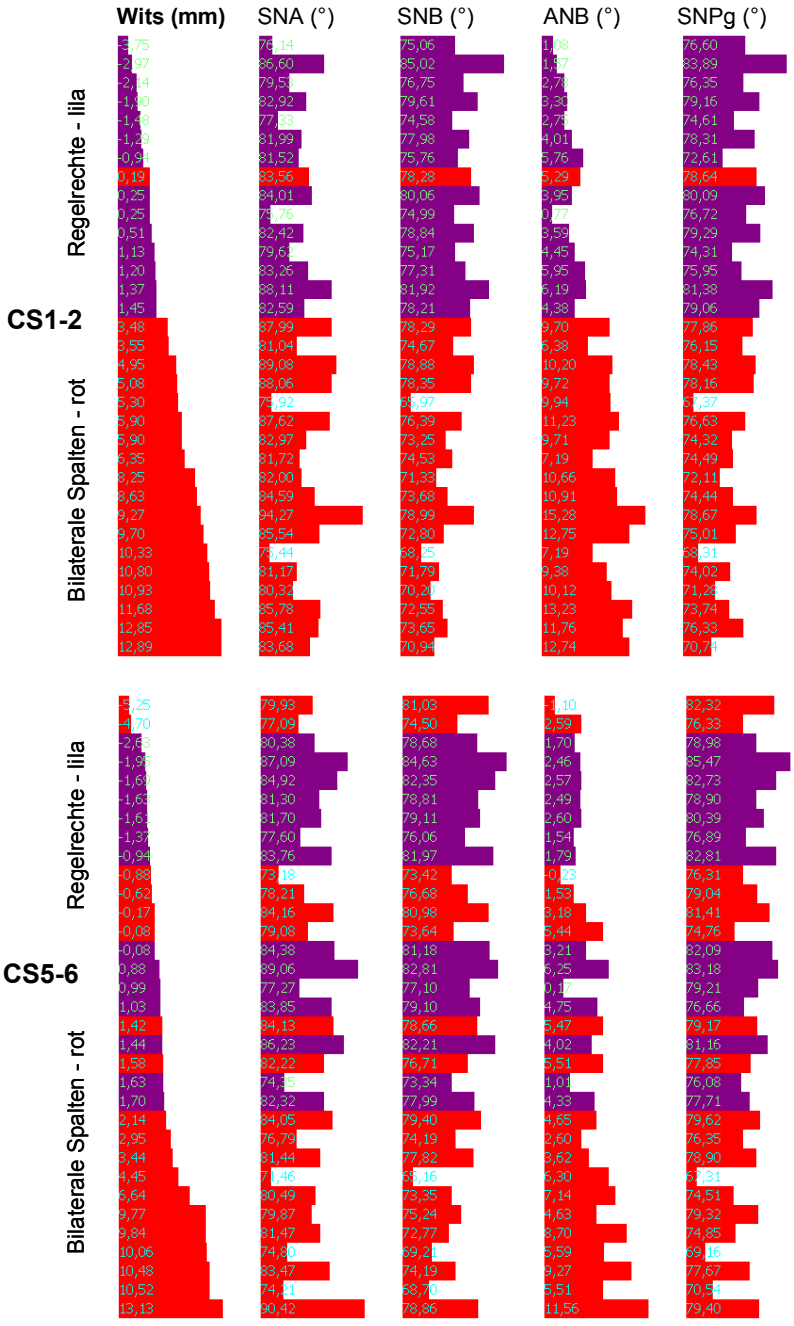

Abbildung A-6
Sagittale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Wits-Wert (mm)

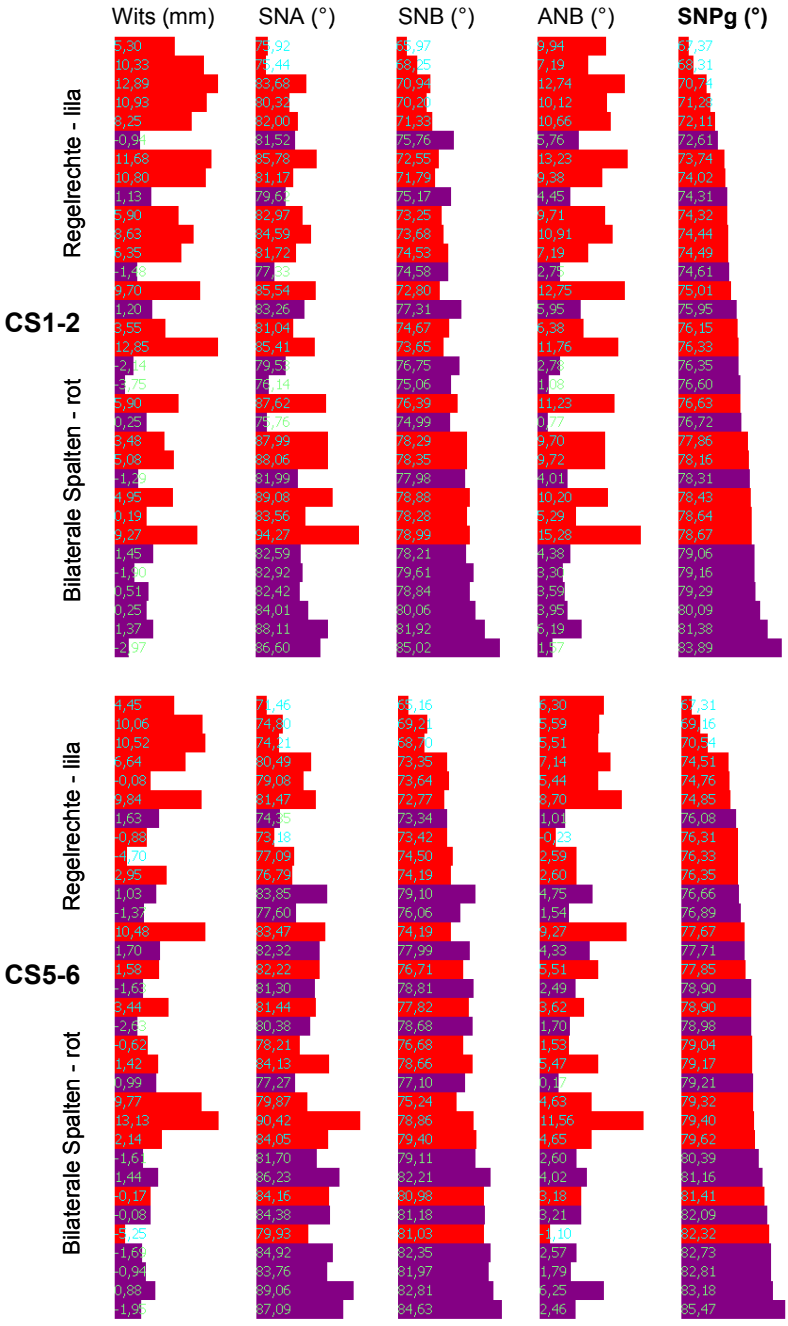

Abbildung A-7
Sagittale Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach dem Winkel SNPg (°)

Metrische kephalometrische Parameter

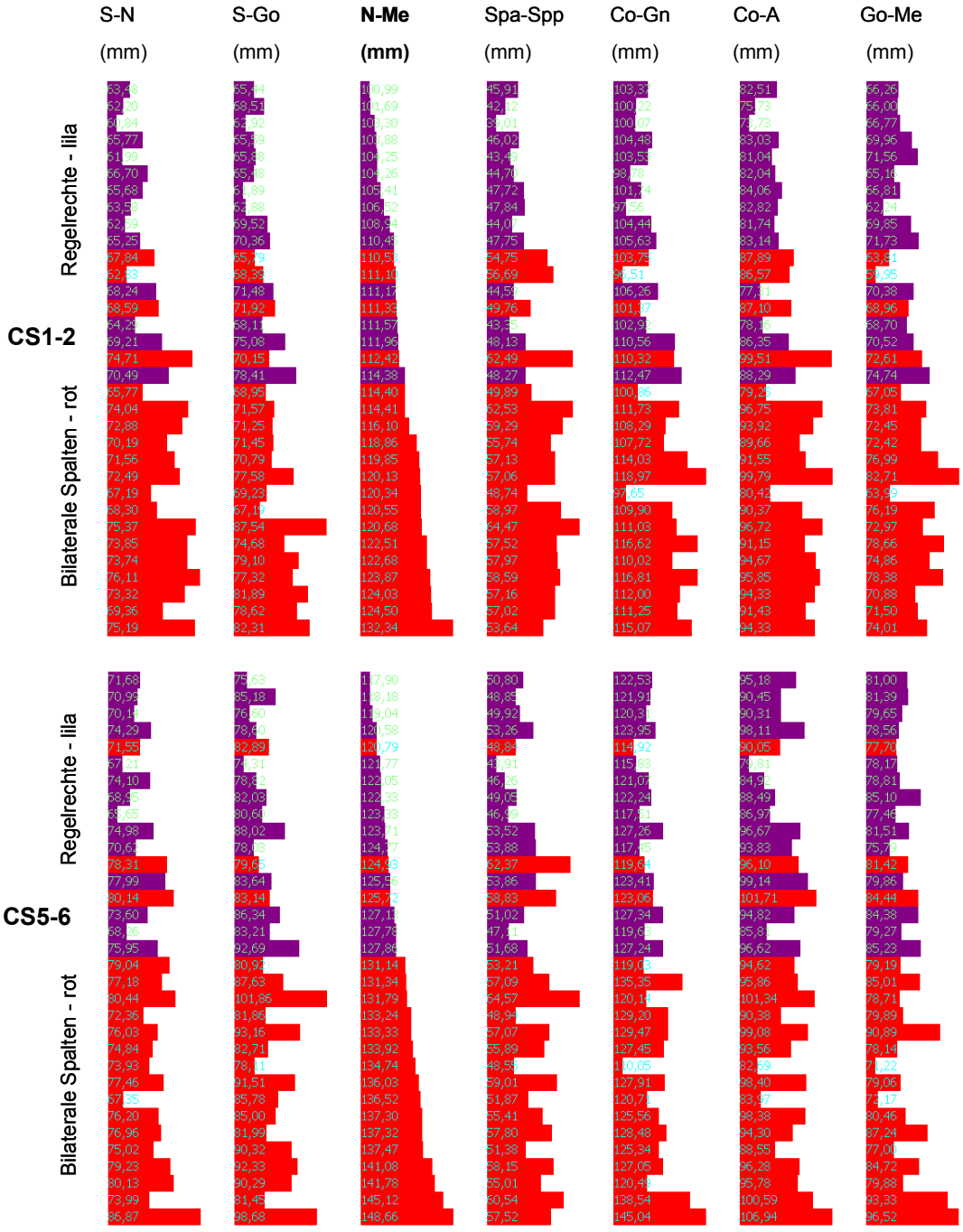

Abbildung A-8
Metrische Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Strecke N-Me (mm)

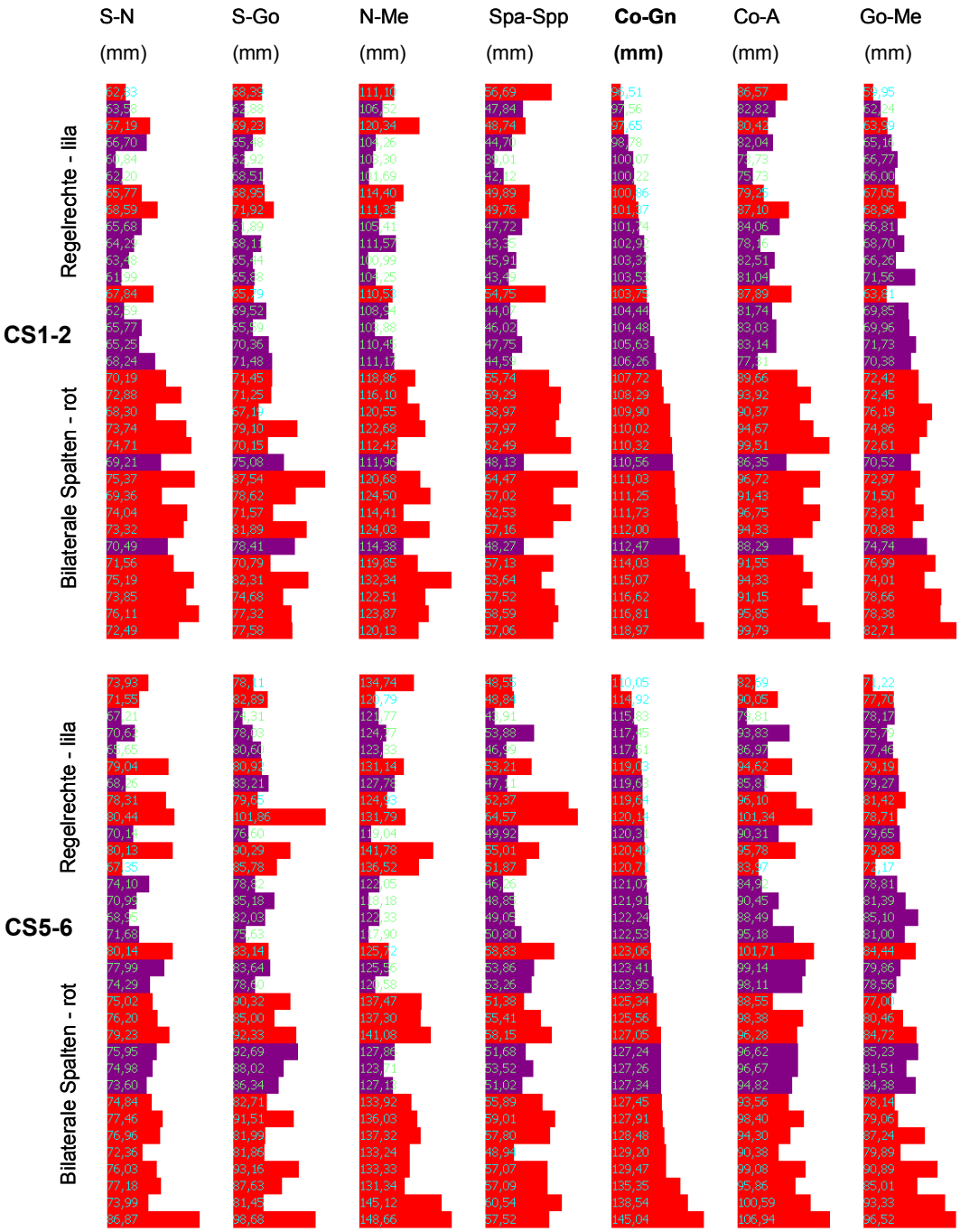

Abbildung A-9
Metrische Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Strecke Co-Gn (mm)

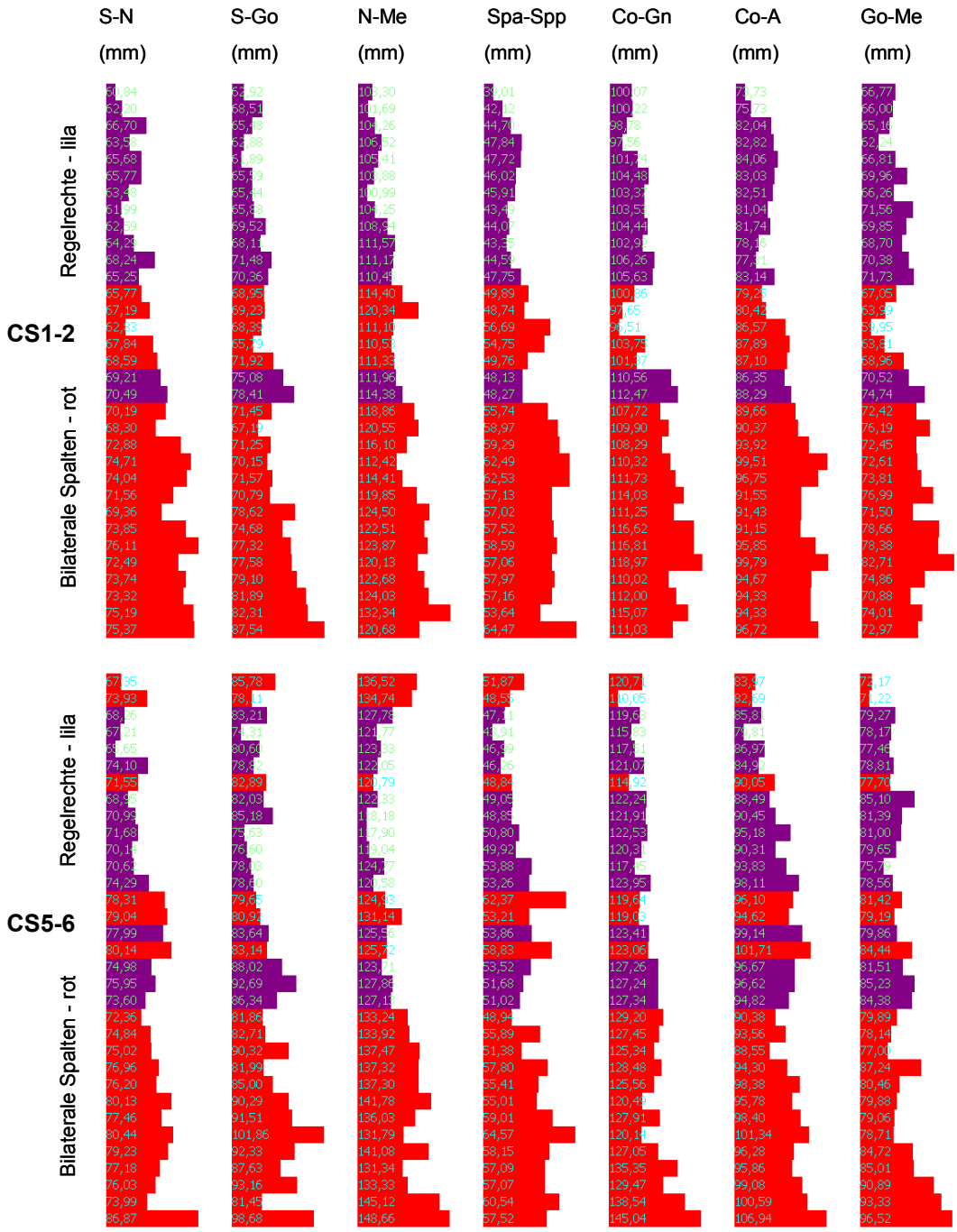

Abbildung A-10
Metrische Parameter – Table Lens der Untersuchungsgruppe (rot) und Kontrollgruppe (violett) sortiert nach der Ähnlichkeit

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei *Frau Prof. Dr. Rosemarie Grabowski* für die Überlassung des Themas und ihre geduldige und zuvorkommende Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Darüber hinaus gilt mein besonderer Dank *Frau Prof. Dr. Franka Stahl de Castrillon* für die geschaffenen Freiräume, um mich auf die vorliegende Arbeit konzentrieren zu können.

Sehr herzlich möchte ich mich bei *Herrn Prof. Dr. Günther Kundt*, Institut für Medizinische Biometrie und Informatik der Universität Rostock, für die Unterstützung bei der statistischen Bearbeitung bedanken.

Mein Dank gilt *Herrn Gerd Borgwardt* für die Hilfe bei der Umsetzung der graphischen Darstellungen.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und unter ausschließlicher Benutzung der in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Diese Arbeit wurde bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht.

Rostock, den 16.04.12 Juliane Christine Neubert

Thesen

1. Die Behandlung von Patienten mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten stellt hohe Anforderungen an die Kenntnisse der Morphologie des Gesichtsschädels und der Wachstumsprozesse unter den Bedingungen dieser Spaltfehlbildung.

2. Das wesentliche Ziel der vorliegenden Studie war es, das Gesichtsschädelwachstum von Patienten mit totalen bilateralen Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten vom prä- bis zum postpuberalen Entwicklungsstadium retrospektiv zu analysieren.

3. In die Untersuchung wurden 19 männliche, nichtsyndromale Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte aus dem Archiv des Rehabilitationszentrums für Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspaltpatienten an der Universität Rostock einbezogen.

4. Nach Wachstumsende galt es, eine Spätkontrolle nach prächirurgischer Frühbehandlung (modifiziert nach Hotz) vorzunehmen. Diese wurde mit der Geburt begonnen und über den Lippenverschluss (4. – 6. Lebensmonat) bis zum Verschluss des weichen Gaumens (12. – 15. Lebensmonat) ausgedehnt. Die Uranoplastik erfolgte zwischen dem 5. und 6. Lebensjahr.

5. Als Kontrollgruppe dienten 14 männliche, kieferorthopädisch unbehandelte Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung aus der *Rostocker Wachstumsstudie* (Heckmann 1975, Heckmann et al. 1974, Klink-Heckmann und Fischer 1997, Stahl 2007).

6. Die Patienten der Untersuchungs- und Kontrollgruppe wurden mittels der CVM-Methode (Cervical Vertebral Maturation Methode) modifiziert nach Baccetti et al. (2002, 2003) anhand ihrer skelettalen Reife zu den Untersuchungszeitpunkten T1 (CS1-2) und T2 (CS5-6) gematcht.

7. Insgesamt wurden 38 Fernröntgenseitenaufnahmen der Untersuchungsgruppe und 28 Aufnahmen der Kontrollgruppe mittels des *Rostocker Wachstumsanalyse Tools* (ROWAT) kephalometrisch, tensoranalytisch und visuell nachuntersucht.

8. Im ersten Teil der vorliegenden Studie erfolgte die Digitalisierung der Referenzpunkte mittels *Rostocker Kephalometrischer Analyse* (ROKA). Die metrischen Parameter der kephalometrischen Analyse wurden anschließend aufgrund der bekannten Vergrößerungsfaktoren in lebensgroße Dimensionen umgerechnet.

9. Der zweite Teil der Studie diente der tensoranalytischen Auswertung. Mittels der *Rostocker Tensoranalyse* (ROTA) wurden die kephalometrischen Referenzpunkte für die Tensoranalyse digitalisiert. ROTA ermöglicht erstmals die Berechnung, die graphische Darstellung und die Ausgabe der Winkel und Dilatationen beliebig vieler Dreiecke (Stahl 2007). Die Angabe der Messwerte für die Dilatationen (D1 und D2) und Winkel (α und β) erfolgte jeweils in dimensionslosen Zahlen und in Grad. Es wurden 7 Dreiecke definiert.

10. Als dritter Teil der Arbeit wurden ausgewählte kephalometrische Datensätze unter Anwendung der *Rostocker Visuellen Analyse* (ROVA) dargestellt. Sie ermöglicht die umfangreiche Darstellung von Daten, die vollständig und ohne Verlust abgebildet werden können. In der vorliegenden Studie findet die Visualisierung kephalometrischer Ergebnisse zum ersten Mal praktische Anwendung. Aus den zur Verfügung stehenden Visualisierungstechniken wurden die Table Lens ausgewählt. Sie lassen durch ihre Sortierfunktion die Darstellung beliebig vieler Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Variablen und Patientengruppen zu.

11. Das vertikale Wachstum bei operierten Spaltpatienten scheint anders zu verlaufen. Es wird durch eine reduzierte Vertikalentwicklung im posterioren Bereich des Mittelgesichtes (insbesondere die Strecke S-Ba und der Winkel NL-NSL) und weniger durch eine Überentwicklung in den anterioren Anteilen verursacht.

12. Neben der sagittalen Lage des Oberkiefers, repräsentiert durch den SNA-Winkel, der eine signifikante Reduktion über den Untersuchungszeitraum erfährt, offenbart die Metrik des Oberkiefers die größten Diskrepanzen. Die Oberkieferlänge (Spa-Spp) reduzierte sich gering und bei der Mittelgesichtslänge (Co-A) konnten nur halb so große Zuwächse registriert werden. Trotz dessen blieb die Maxilla nach dem Wachstumsende mit einem SNA-Winkel von 79,6° auf einem akzeptablen Level.

13. Das Unterkieferwachstum lässt vergleichbare Zuwachsraten erkennen, kann aber das sagittale Defizit nicht vollständig aufholen und endet, intermaxillär betrachtet, bei den meisten Spaltträgern in einer moderaten skelettalen Klasse II.

14. Die Dreiecke SNA und SBaSpp der Tensoranalyse bestätigen die Wachstumshemmung des Oberkiefers in sagittaler Richtung. Ebenfalls konnte vor allem eine Entwicklungshemmung im posterioren Bereich des Mittelgesichtes identifiziert werden. Aber auch ein gewisser wachstumshemmender Effekt in Richtung des A-Punktes ist zu sehen. Des Weiteren konnten die in der metrischen Kephalometrie gefundenen Reduktionen des vertikalen Wachstums im posterioren Bereich des Mittelgesichtes durch das Dreieck SppAB und des Unterkieferwachstums in der Sagittalen durch das Dreieck ArGoMe nachgewiesen werden.

15. Durch die erstmalige Anwendung der *Rostocker Visuellen Analyse* (ROVA) wurde es möglich, die Wachstumsvorgänge auch im Gruppenvergleich in ihrer Verschiedenartigkeit, die im Mittelwert und anderen statistischen Parametern nicht zum Ausdruck kommen, sichtbar zu machen. Die Table Lens erlauben einen Einblick in die Entwicklungsprozesse des Spaltpatienten im Vergleich zur Individualität wie sie auch unter den Bedingungen einer regelrechten Gebissentwicklung im Bereich des Gesichtsschädels möglich ist.

16. Trotz der wachstumsorientierten kieferorthopädischen Behandlung durch das Rostocker Betreuungskonzept von Geburt an bestätigt die vorliegende Studie die offensichtlich systematische und möglicherweise unvermeidliche Wachstumshemmung des Oberkiefers. Die wachstumshemmenden Effekte für die Vorentwicklung des Oberkiefers sind insbesondere im posterioren Bereich des Mittelgesichtes lokalisiert. Dementsprechend ist das Belassen

einer kleinen sagittalen Stufe mit vergrößertem ANB-Winkel und SNA-Winkel zu einem jüngeren Zeitpunkt (8. - 12. Lebensjahr) erstrebenswert. In Übereinstimmung mit anderen Langzeitbetrachtungen, ist eine Retraktion des protrudierten Zwischenkiefers als prognostisch ungünstig einzuschätzen.

17. Ziel ist es, trotz erreichter Erfolge weiter daran zu arbeiten und den Spaltträger in seiner Entwicklung dem Nichtspaltträger anzugleichen. Die vorliegende Studie stellt mit dem Vergleich von Patienten mit totaler bilateraler Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte und der Kontrollgruppe aus der *Rostocker Wachstumsstudie* einen hohen Anspruch an das eigene Vorgehen im Rehabilitationsprogramm.

18. Sie zeigt zudem erstmalig auf, dass die Spaltpatienten eine höchst unterschiedliche Probandengruppe sind. Das allein bestätigt die erfolgreichen rehabilitativen Maßnahmen. Dennoch können auch funktionell entwicklungshemmende Einflüsse nachgewiesen werden. Sie stehen offensichtlich mit dem Verschluss des weichen Gaumens und dessen eingeschränkter Funktion bzw. mit einer erschwerten Nasenatmung in engem Zusammenhang. Sie gänzlich zu eliminieren, muss das Ziel zukünftiger Rehabilitation sein. Der Kieferorthopäde und der Logopäde können dabei helfen, chirurgische Ergebnisse durch Wachstumsförderung und Training zu optimieren.