

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus

**Kephalometrische Wachstumsveränderung
des Oberkiefers bei behandelten
jugendlichen kieferorthopädischen Patienten**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Dominik Maximilian Premm
aus
Regensburg
2010

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatterin: Prof. em. Dr. med. dent. Ingrid Rudzki

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. dent. Karl-Heinz Kunzelmann
Prof. Dr. med. dent. Dr. h.c. Wolfgang Gernet
Priv. Doz. Dr. rer. nat. Mechthild Stöckelhuber

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. dent. Florian Gebhart

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 13.12.2010

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung.....	6 -
1.1. Bedeutung des Wachstums für die kieferorthopädische Therapieplanung.....	6 -
1.2. Veränderungen im maxillären Bereich durch die Headgeartherapie.....	6 -
2. Literaturübersicht.....	7 -
2.1. Embryonale Schädelentwicklung.....	7 -
2.2. Embryonale Oberkieferentwicklung.....	9 -
2.3. Anatomische Oberkieferstrukturen.....	11 -
2.4. Allgemeines Körperwachstum.....	13 -
2.5. Grundlagen des Knochenwachstums.....	15 -
2.5.1. Knochenbildung.....	15 -
2.5.2. Knochenwachstum.....	16 -
2.5.3. Schädelentwicklung.....	17 -
2.6. Grundlagen des Oberkieferwachstums.....	20 -
2.6.1. Allgemeines Oberkieferwachstum.....	20 -
2.6.2. Verlagerungsvorgänge des Oberkiefers.....	24 -
2.7. Wachstumsstudien der kraniofazialen Entwicklung.....	25 -
2.8. Entwicklung und Funktion des Headgears.....	30 -
2.9. Beeinflussung der Oberkieferentwicklung durch den Headgear.....	32 -
3. Fragestellung.....	36 -
4. Material und Methode.....	37 -
4.1. FRS-Bildgebung und technische Daten.....	37 -
4.2. Materialerfassung und Datengliederung.....	38 -
4.3. Patientenguteinteilung und Gruppenbildung.....	39 -
4.4. Methode der Bearbeitung und Programmierung.....	40 -
4.5. Methode der kephalometrischen Auswertung digitaler FRS.....	42 -
4.6. Methodik der Oberkieferveränderungsanalyse.....	44 -
4.7. Statistische Auswertung und mathematische Berechnungsgrundlagen.....	50 -
5. Ergebnisse.....	51 -
5.1. Allgemeine Oberkieferveränderung.....	51 -
5.2. Oberkieferveränderung mit einem Headgear.....	59 -
5.2.1. Allgemeine Entwicklungsuntersuchung mit verschiedenen Headgeararten.....	59 -
5.2.2. Entwicklungsuntersuchung mit zervikalen Headgear.....	64 -
5.2.3. Entwicklungsuntersuchung mit vertikalen und vertikal-zervikalen Headgear.....	70 -
6. Diskussion.....	76 -
6.1. Methodenkritik der FRS-Röntgenentwicklungsanalyse.....	76 -
6.2. Ergebniskritik der Entwicklungsuntersuchungen.....	77 -
6.3. Die natürliche Entwicklung des Oberkieferkomplexes.....	79 -
6.4. Auswirkungen des Headgear auf die Oberkieferentwicklung.....	84 -

7.	Schlussfolgerungen.....	- 92 -
8.	Zusammenfassung.....	- 95 -
9.	Literaturverzeichnis.....	- 98 -
10.	Abbildungsverzeichnis.....	-105 -
11.	Anhang.....	-107 -
11.1.	Kephalometrische Referenzpunkte.....	-107 -
11.2.	Allgemeine Oberkieferveränderung - Wertetabellen.....	-111 -
11.3.	Allgemeine Untersuchung mit verschiedenen Headgeararten - Tabellen.....	-117 -
11.4.	Entwicklungsuntersuchung mit zervikalen Headgear – Tabellen.....	-123 -
11.5.	Entwicklungsuntersuchung mit vertikal-zervikalen Headgear - Tabellen.....	-129 -
11.6.	Longitudinale Entwicklungsuntersuchungen – Headgeargruppentabelle.....	-136 -
11.7.	Longitudinale Entwicklungsuntersuchungen – Vergleichsgruppentabelle.....	-138 -
12.	Danksagung.....	-141 -
13.	Veröffentlichung.....	-142 -

1. Einleitung

1.1. Bedeutung des Wachstums für die kieferorthopädische Therapieplanung

Wachstumsanalysen sind in der Kieferorthopädie für die Therapieplanung von wichtigem Interesse, da Sie sich zum einen auf das Potential, zum anderen auf die Zeit und zugleich auf die Richtung des Wachstums beziehen. Nach DAUSCH-NEUMANN wird die Kieferorthopädie als die Lehre vom Erkennen, Beurteilen und Behandeln von Gebiss- und Kieferanomalien, die sich aus Kieferdeformationen, Zahnfehlstellungen, sowie inkorrektter Bisslage zusammensetzt, definiert [29]. Daraus ergeben sich die Grundaufgaben des Kieferorthopäden zum Erkennen, Verhüten und Behandeln von Dysgnathien. Bei kleineren Zahnfehlstellungen mögen gegebenenfalls in Einzelfällen Gips-situationsmodelle zur Diagnostik und Therapieplanung ausreichen, wohingegen zur Beurteilung der Kieferbasenrelation und der skelettalen Verhältnisse extraorale Röntgenaufnahmen notwendig werden. Zudem ist eine fundierte Kenntnis über die komplexen Vorgänge der Entwicklung unter anderem von Maxilla und Mandibula notwendig, um eine optimale Therapie einzuleiten. Die größten skelettalen Veränderungen finden während des pubertären Wachstumsschubs statt, dennoch ergeben sich auch noch Veränderungen nach Abschluss des Hauptwachstums, die demnach ebenfalls im Interesse des Kieferorthopäden liegen.

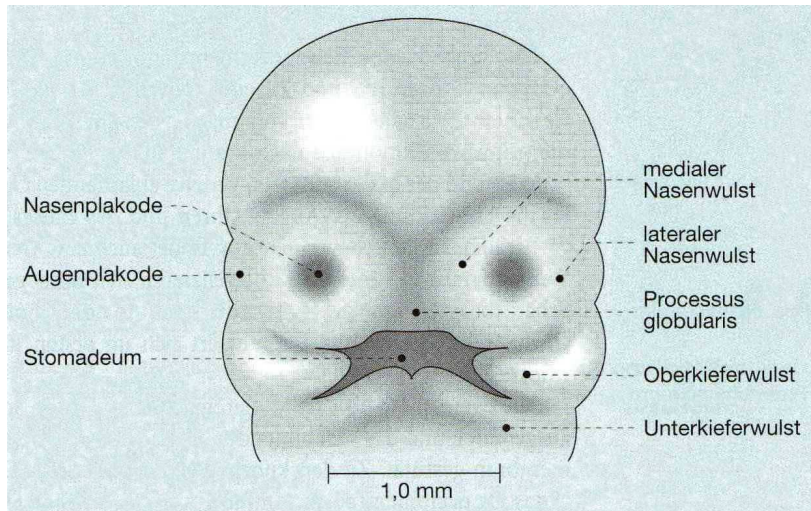
1.2. Veränderungen im maxillären Bereich durch die Headgeartherapie

Normalerweise unterstützen skelettale Veränderungen die Therapie des Kieferorthopäden. In bestimmten Fällen versucht man aber auch die Veränderungen im maxillären Bereich zu Gunsten einer harmonischen Entwicklung zu hemmen. Hierbei kommen in der Regel funktionskieferorthopädische Geräte zur Verwendung. Ein Headgear wird vor allem bei Patienten mit übermäßigem Wachstum des Oberkiefers verwendet. Dabei wird eine extraorale Kraft mithilfe eines Gesichtsbogens im Regelfall auf die beiden ersten Molaren im Oberkiefer übertragen. Durch eine Abstützung am Kopf oder am Nacken kann vertikal, horizontal oder zervikal die Kraftrichtung bestimmt werden und dadurch die Position der oberen Molaren beeinflusst werden. Darüber hinaus soll eine einmal erreichte optimale Stellung der Zähne bezüglich Interkuspidation, Funktion und Ästhetik in sagittaler Richtung gesichert und ein Rezidiv nach erfolgreicher Behandlung verhindert werden [52,86]. Somit wird versucht, die nach anterior gerichtete natürliche skelettale Entwicklung im maxillären Bereich hemmend zu beeinflussen und eine weitere Ausprägung der skelettalen Angle-Klasse II entgegenzuwirken. Dabei wird auch versucht, den Ausprägungsgrad des Winkels SNA zu verkleinern [1,36,59,88,91,93,117].

2. Literaturübersicht

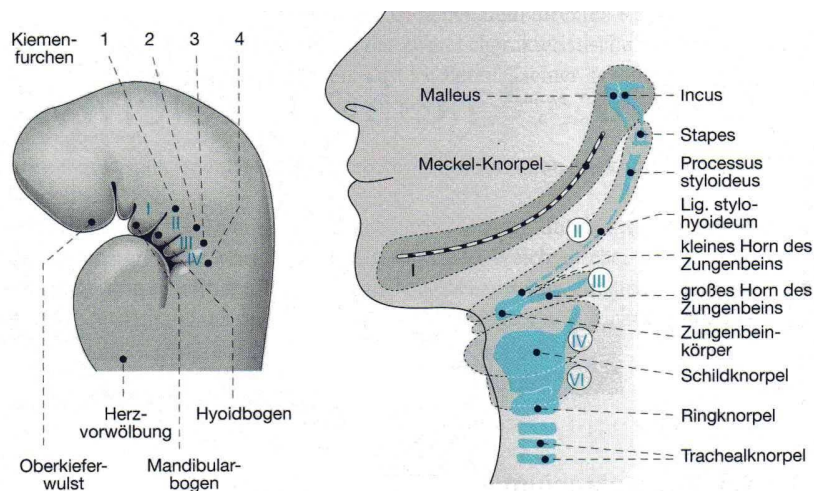
2.1. Embryonale Schädelentwicklung

Nachdem das Prosenzephalon zwischen dem 21. und 25. Tag entstanden ist, beginnt die Entwicklung des Viszerokraniums. Aus dem Mesenchym entstehen 5 Gesichtswülste, ein



medianer Gesichtswulst und die bilateralen Ober- und Unterkieferwülste, die die primitive Mundbucht (Stomadaeum) umschließen. Nach weiterem Weichteilwachstum entsteht die primäre Mundhöhle [63].

Abb. 1: 5 Wochen alter Embryo mit Augen-Ohren-Anlagen, Gesichtswülsten, und Stomadeum (aus: MIETHKE [121])



Im Laufe der 5. Woche kann man am Stirnwulst die paarigen medialen und lateralen Nasenwülste erkennen. Die durch Kiemenfurchen getrennten 4 – 5 Kiemenbögen befinden sich kaudal der Oberkieferwülste [52].

Abb. 2: Sagittaldarstellung eines 5 Wochen alten Embryos mit Kiemenbögen und Kiemenfurchen. Daneben die definitiven Strukturen aus den knorpeligen Anteilen der Kiemenbögen. (aus: KAHL-NIEKE [122])

Der Oberkieferwulst bildet sich aus dem kranialen Anteil des 1. Kiemenbogens (Mandibularbogen), und aus dem kaudalen Teil der Unterkieferwulst, der Hauptteil der Zunge, die Kaumuskelatur, sowie Hammer (Malleus) und Steigbügel (Incus). Das Zungenbein mit seiner

Muskulatur, der Processus styloideus mit dem Ligamentum stylohyoideum, der Reichert Knorpel, der Steigbügel (Stapes) und die mimische Muskulatur bilden sich aus dem 2. Kiemenbogen (Hyoidbogen). Durch weitere Annäherung der Gesichtswülste entsteht der primäre Gaumen, der die primitive Mundhöhle nach kranial abschließt [62].

Neben der allgemeinen Gewebevermehrung verdient auch die Gewebedifferenzierung Aufmerksamkeit. Bindegewebsanhäufungen differenzieren sich zur Bildung des Chondrokraniums einschließlich der Nasen- und Ohrkapsel von der 7. Woche an. Mit 2-3 Monaten sind dann die wesentlichen Teile der knorpeligen Schädelbasis ausgebildet. In der 8. Woche setzt die desmale Knochenbildung der Schädelkapsel ein, während die enchondrale Ossifikation etwa in der 10. Woche beginnt [52]. Während der intrauterinen Phase sind im Medianbereich der Schädelbasis Synchondrosen zu finden, die Reste des Chondrokraniums darstellen und ein schnelles Wachstumstempo dieser Region ermöglichen [74]. Remodellierende Wachstumsvorgänge beginnen erst nach terminaler Schädelknochenkonfiguration [52]. Somit kann in den Kiefern der erforderliche Platz für die sich entwickelnden Zahnkeime entstehen. Generell bedeutet Knochenwachstum mehrheitlich zunächst Größenzunahme durch neue Knochenan- bzw. -ablagerung. Knochenresorption und -apposition beginnt erst, wenn die Konfiguration der fetalen Knochen ähnlich ihrer endgültigen Form ist [65].

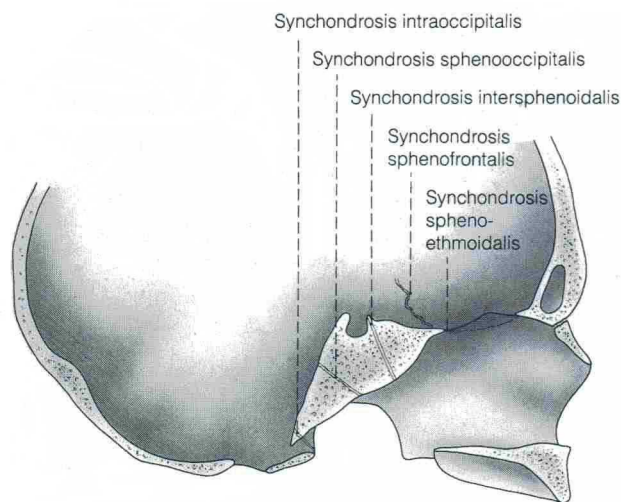


Abb. 3: Synchondrosen des Schädelwachstums (aus: MIETHKE [123])

2.2. Embryonale Oberkieferentwicklung

Der Oberkiefer wird durch Vereinigung der Stirn- und Oberkieferwülste gebildet. Dabei schieben sich die Oberkieferwülste unter die lateralen Nasenwülste und wachsen auf die medialen Nasenwülste zu, um sich mit ihnen zu verbinden. Epithelzellschichten legen sich aufeinander und bilden den primären Gaumen. Später werden diese aufgelöst und durch Mesenchym ersetzt. An manchen bleibt Epithel erhalten, wie etwa zwischen dem Oberkieferwulst und dem lateralen Nasenwulst, wobei sich hierbei der Canalis nasolacimalis ausbildet [96].

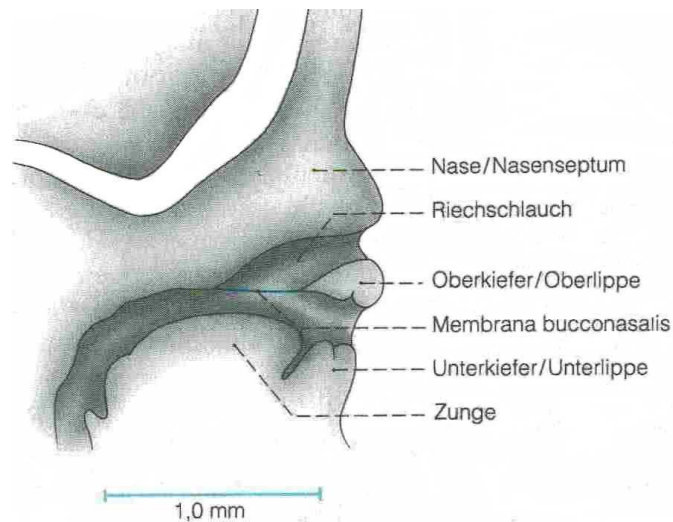


Abb. 4: Median-Sagittalschnitt eines 5 Wochen alten Embryos. (aus: MIETHKE [124])

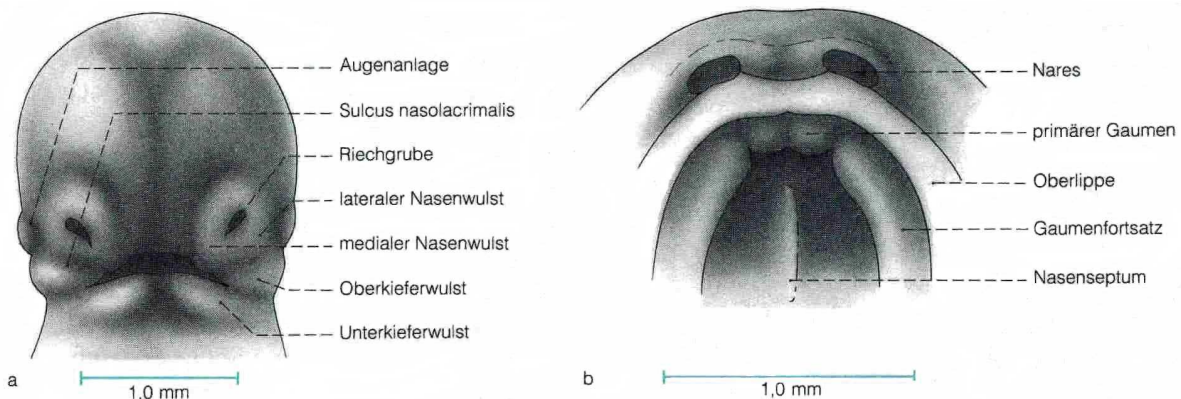
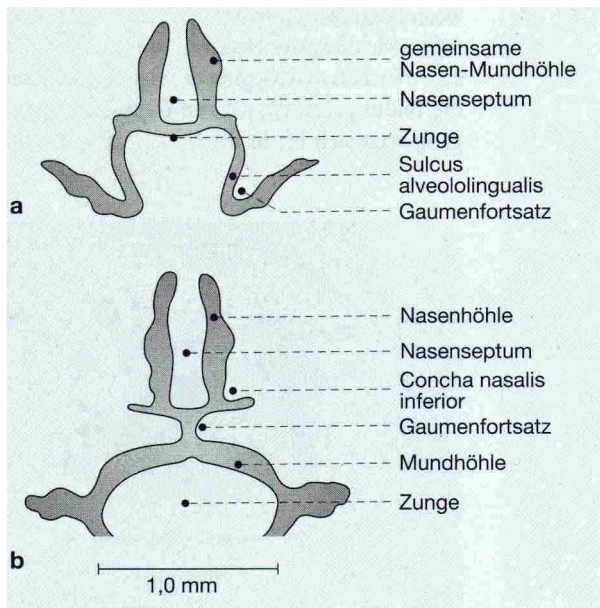


Abb. 5: Frontalansicht (a) und Oberkieferaufsicht (b) eines 6 Wochen alten Embryos.
(aus: MIETHKE [125])

In der siebten Schwangerschaftswoche entsteht der sekundäre Gaumen. Durch das Nasenseptum und die Zunge wird die gemeinsame Mund- und Nasenhöhle separiert. Die Gaumenfortsätze, welche aus dem Oberkieferwulst entstammen, befinden sich lateral der Zunge [74].



Nachdem sich die beiden Gaumenfortsätze aufgerichtet haben, vereinigen sie sich mit dem Nasenseptum unter Bildung einer Epithelmauer. Einschmelzungen und Bindegewebersersatz bilden schließlich das Foramen incisivum. Nach weiterer Kaudalentwicklung des Nasenseptums und Medianentwicklung der Gaumenfortsätze erfolgt die Vereinigung anterior [56].

Abb. 6: Transversalschnitt durch den Nasen- und Mundhöhlenbereich vor (a) und nach (b) dem Aufrichten der Gaumenfortsätze. (aus: MIETHKE [126])

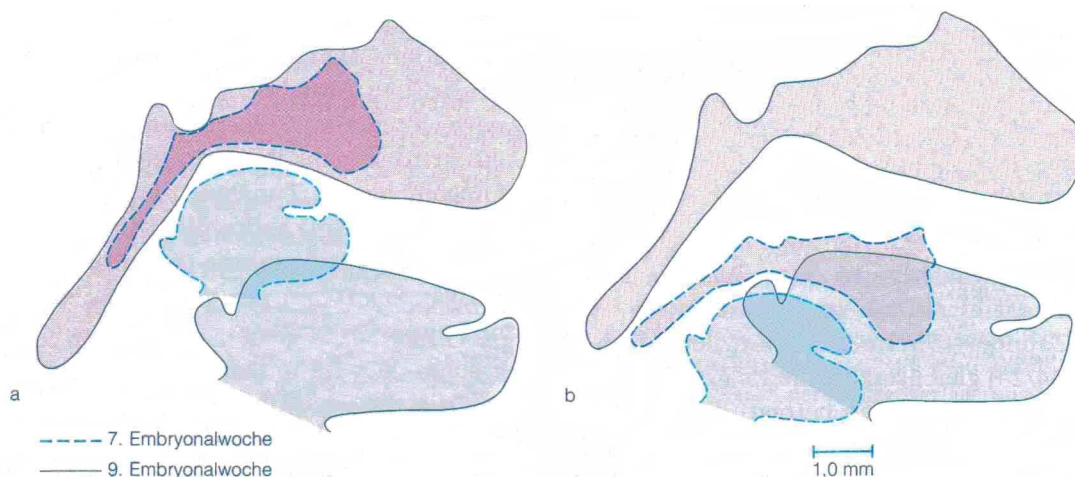
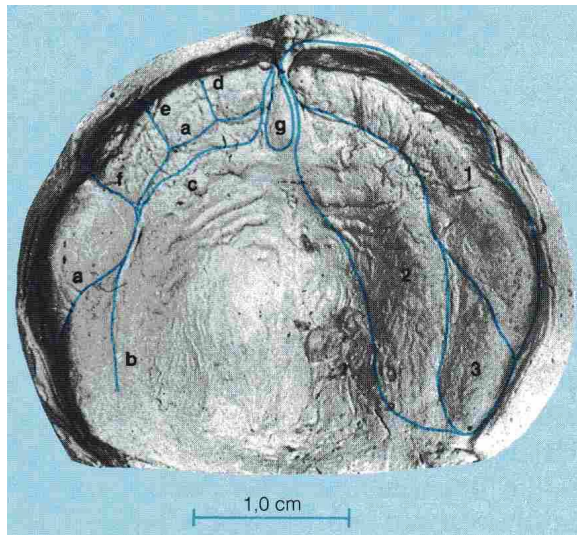


Abb. 7: Überlagerungen auf der Schädelbasis (a) und in der Zervixregion (b) zeigen das Größenwachstum (a) und die räumlichen Veränderungen im oronasalen Bereich (b) für den gesamten Schädelbasis-Oberkieferkomplex (rot) und für den Unterkieferkomplex (blau). (aus: MIETHKE [127])

Somit ist am Ende der 9. Woche die Bildung des sekundären Gaumens abgeschlossen [56]. Der nasomaxilläre Komplex entwickelt sich fast komplett durch desmale Ossifikation. Während der 8. Woche beginnt bereits die Ossifikation im Oberkiefer, wobei hier die paarigen Vomeranlagen und die Ossi palatini verknöchern. Durch Absenken von zwei Epithelleisten vor und hinter dem zukünftigen Processus alveolaris und Gewebeproliferation

entsteht der Alveolarfortsatz. In dieser Zeit vergrößert sich das Os maxilla etwa um 0,3 mm in der Länge und etwa 0,7 mm in der Breite pro Woche [73]. Beim embryonalen Oberkiefer wird durch sein Furchensystem eine Vergrößerung der Tiefe und der Hohlräume, wie Nase und Mund ermöglicht [52].



- a) Zahnkeimfurche
- b) transitorische Gaumenfurche
- c) Gingivalfurche
- d) anteriore Furche
- e) antero-laterale Furche
- f) bukkotektale Furche
- g) Papilla incisiva
- 1) Alveolarwall
- 2) Tektalwal
- 3) Pseudoalveolarwal

Abb. 8: Furchensystem des Neugeborenenoberkiefers (aus: MIETHKE [128])

2.3. Anatomische Oberkieferstrukturen

Als größter Belegknochen entwickelt sich das Os maxillaris im Oberkieferwulst des 1. Branchialbogens. Er besitzt einen Grundkörper mit vier Fortsätzen und vier Flächen [97].

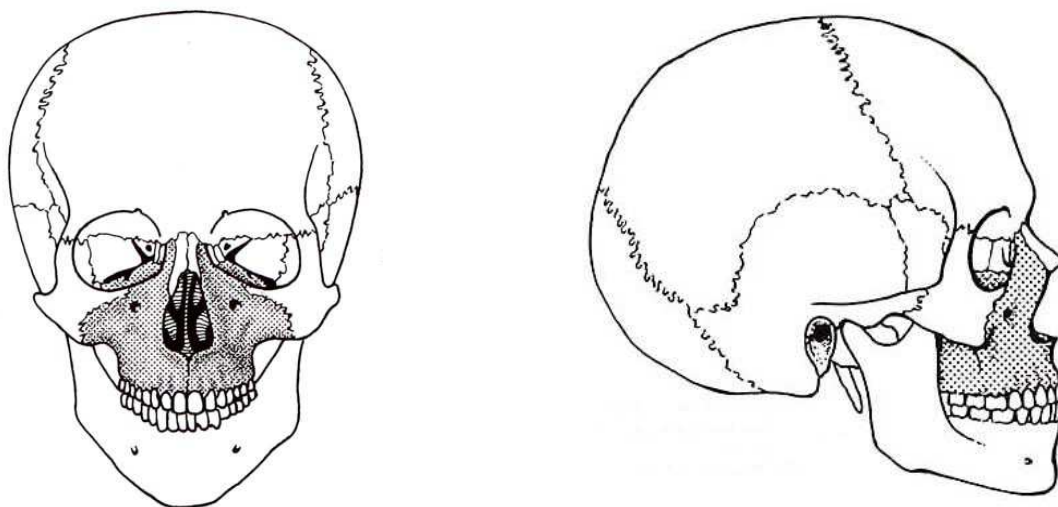


Abb. 9: Topografie des Oberkiefers von frontal und lateral (aus: SCHUMACHER [129])

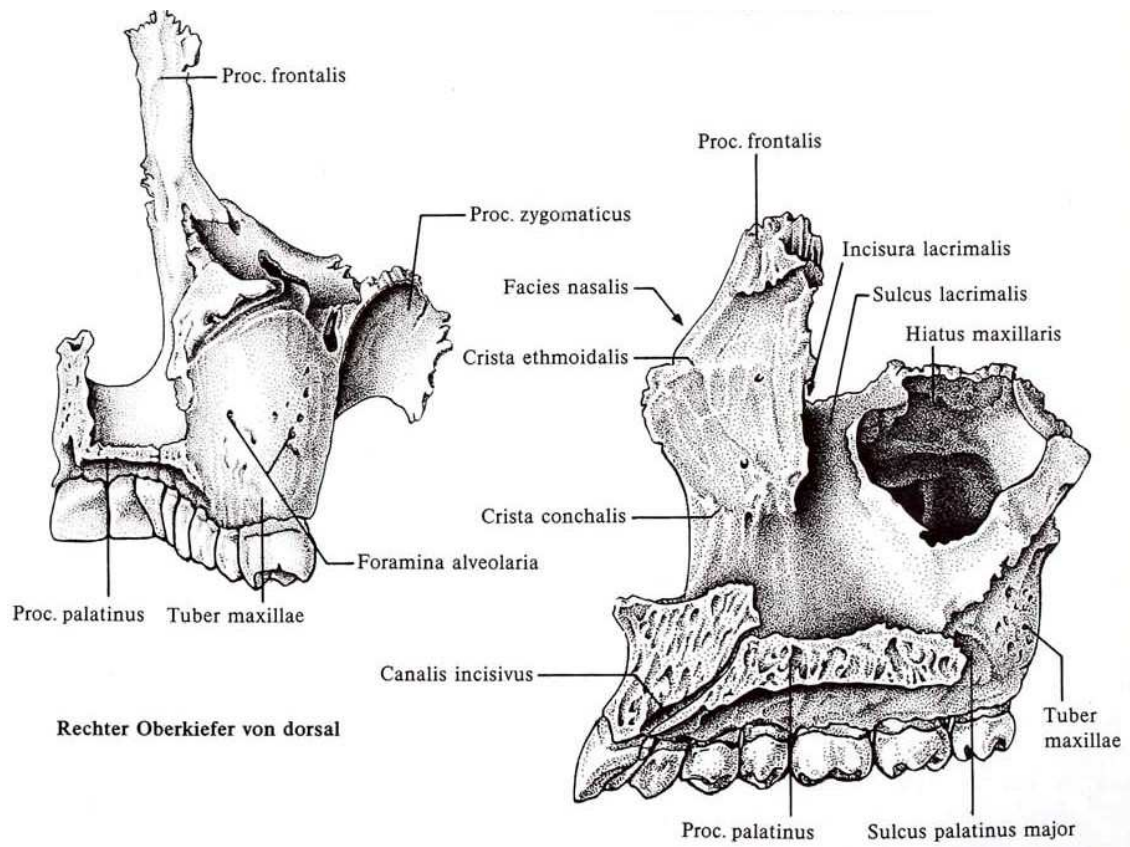


Abb. 10: Rechter Oberkiefer von dorsal und von medial (aus: SCHUMACHER [130])

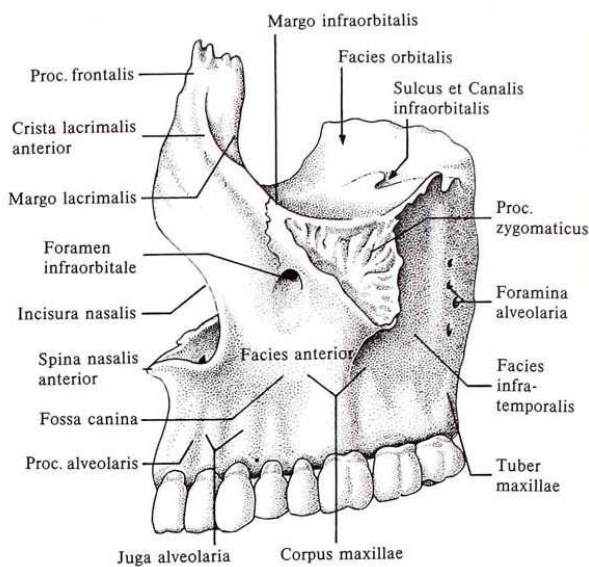


Abb. 11: Linker Oberkiefer lateral
(aus: SCHUMACHER [131])

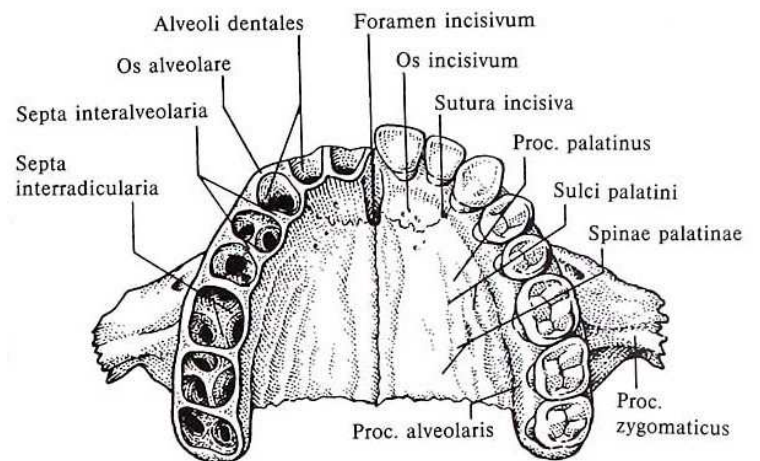
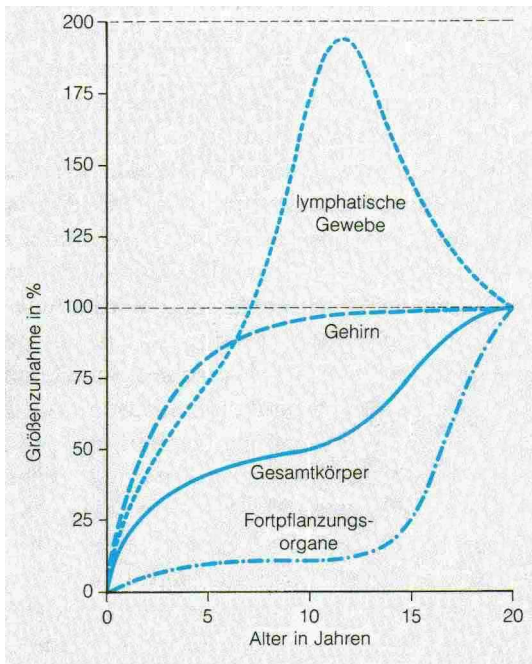


Abb. 12: Oberkiefer von kaudal
(aus: SCHUMACHER [132])

2.4. Allgemeines Körperwachstum



Generell ist das pränatale und postnatale Wachstum sehr unterschiedlich und seine Geschwindigkeit dabei nicht konstant. Die Entwicklung des Gehirns schreitet sehr zügig voran und hat etwa ab dem 10. Lebensjahr seine Endgröße erreicht. Das restliche Körperwachstum läuft etwas langsamer ab [94,105].

Abb. 13: Postnatale Wachstumskurven (aus: SCAMMON [133])

Auch die Proportionen ändern sich in den ersten Lebensjahren stark. So ändert sich das Verhältnis vom Schädel zum Restkörper zwischen einem Neugeborenen und einem Erwachsenen etwa von einem 1/4 zu einem 1/8. Dabei wechseln auch die Proportionen innerhalb des Schädels, von einem großen Anteil des Neurokraniums, da das Gehirn schneller in der Fetalentwicklung fortgeschritten ist als das Viszerokranium, zu einem relativ kleineren [97].

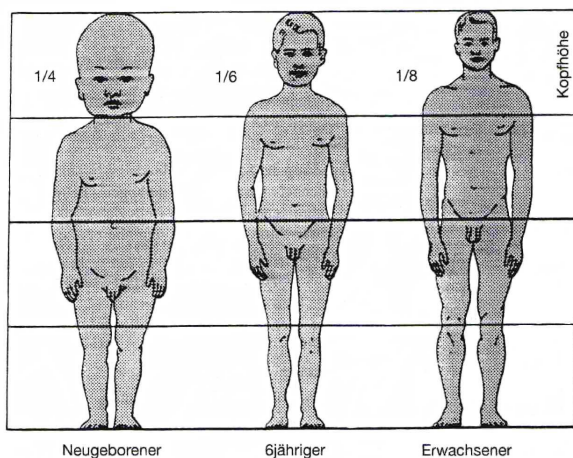


Abb. 14: Proportionsänderungen postnatal (aus: STRAZ [134])

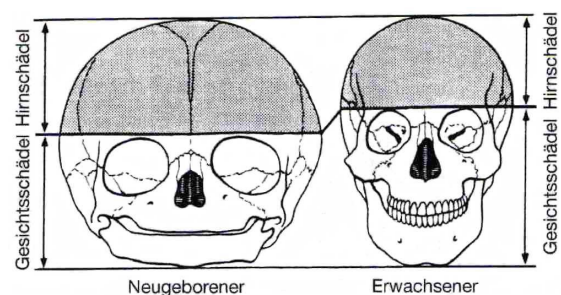


Abb. 15: Proportionsänderungen des Schädels (aus: SCHUMACHER [135])

Immerhin wird innerhalb von 5 Monaten nach der Geburt das Gewicht und innerhalb von 3 Jahren die Körperlänge verdoppelt. Danach verringert sich die Wachstumsgeschwindigkeit wieder. Erst zwischen 12 und 16 Jahren steigt sie wieder an. Die Wachstumskurve der Zunge ist nahezu identisch, wie die des Gehirns [105].

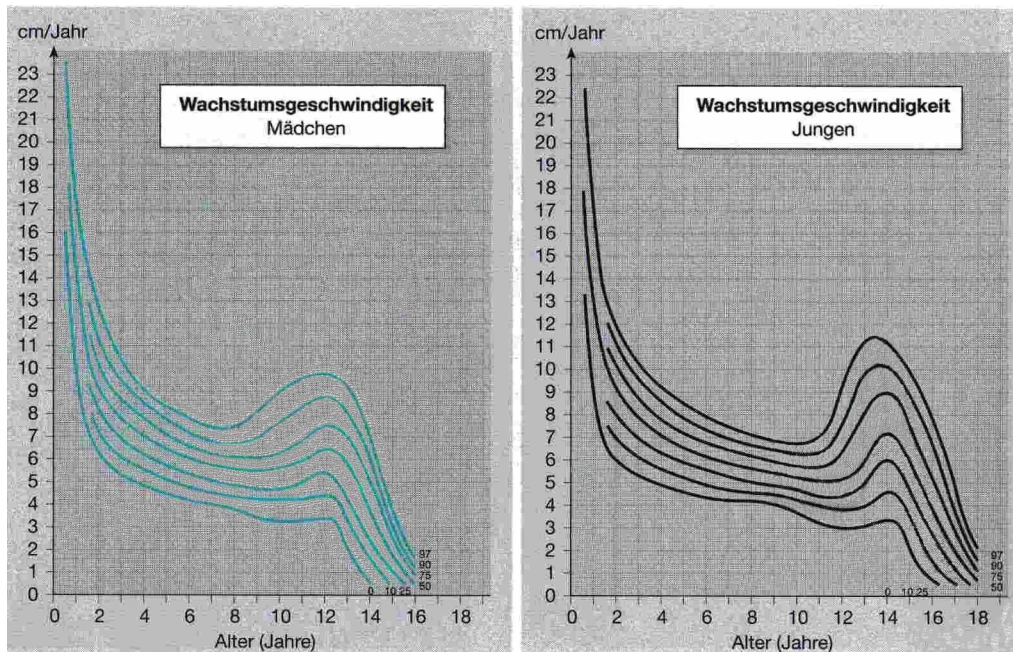


Abb. 16: Unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeitskurven zwischen Mädchen und Jungen nach TANNER [107]. (aus: KAHL-NIEKE [136] - modifiziert)

Allgemein ist die Wachstumsintensität nach der Geburt bis zu einem Jahr extrem hoch [105], danach nimmt sie bis zum 4. Lebensjahr, während der infantilen Phase, kontinuierlich und deutlich ab [104]. In der anschließenden juvenilen Phase bleibt die Wachstumsgeschwindigkeit auf einem leicht absinkendem bis konstanten Niveau [105]. Wiederum etwas vergrößert ist sie zwischen dem 6. und 8. Lebensjahr. Hierbei spricht man vom juvenilen oder mittleren Wachstumsspur, der sehr variabel bezüglich Zeitpunkt des Einsetzens, der Dauer und des Ausmaßes ist. Danach verringert sich die Wachstumsgeschwindigkeit signifikant zum präpubertären Minimum. Darauf erfolgt ein markanter Kurvenanstieg, bei dem eine Wachstumsgeschwindigkeit erreicht wird, die nahezu der des zweiten Lebensjahrs entspricht. Bezogen auf das chronologische Alter ist dieser präpubertäre oder adoleszente Wachstumsspur zu verschiedenen Zeitpunkten zu erwarten. Er tritt, als ein mit der Reifung korrespondierendes Geschehen mit hoher Zuverlässigkeit ein, jedoch mit individuell unterschiedlichen Zuwachsraten und Intensitäten [104]. Mädchen geraten in diese Phase in der Regel um 2 Jahre früher als Jungen. Die maximale Intensität wird bei Ihnen mit 12 Jahren erreicht, bei Jungen etwa

mit 14 Jahren. Bei Jungen zeigt sich fast eine identische Wachstumskurve, die neben dem späteren Eintreten dafür einen deutlich höheren Maximalwert der Zuwachsrates erreicht wie bei Mädchen. Allmählich wird das Wachstumsende mit etwa 17 Jahren bei Mädchen und 19 Jahren bei Jungen erreicht, wobei es noch einige Jahre zu Restwachstum kommen kann [105]. Im Allgemeinen gibt es eine abweichende Korrelation zwischen dem skelettalen und dem dentalen Entwicklungsalter, so dass in Einzelfällen Diskrepanzen von bis zu 2 Jahren beobachtet werden können. Weitgehend wird das Wachstum durch Hormone gesteuert, wobei das somatotrope Wachstumshormon gemeinsam mit dem Schilddrüsenhormon Thyroxin eine entscheidende Stellung einnimmt. Durch die Sexualhormone wird die Reifung und damit auch der pubertäre Wachstumsschub eingeleitet. Die sexuelle Reife, die bei den Mädchen eindeutig durch die Menarche angezeigt wird, erreichen die Jugendlichen während des pubertären Wachstumsschubes etwa genau ein Jahr nach der höchsten Wachstumsintensität. Aufgrund des Zustandes der Handwurzelknochen mit seinen Epiphysenfugen kann mithilfe eines Handröntgenbildes der jeweilige Entwicklungsstand des skelettalen Alters bestimmt werden [104].

2.5. Grundlagen des Knochenwachstums

2.5.1. Knochenbildung

Generell differenzieren Mesenchymzellen zu Osteoblasten, die dann beginnen Osteoid abzuscheiden. Dieses besteht aus Glykoproteinen und Proteoglykanen. Produziertes Kollagen 1 aggregiert mit dem Osteoid zu Kollagenfibrillen, welche zusammen mit angelagertem Kalzium und Phosphat Hydroxylapatitkristalle bilden. Die Osteoblasten differenzieren sich schließlich zu Osteozyten. Der anfängliche Geflechtknochen wandelt sich durch Remodellierungsvorgänge der Osteoblasten durch Aufbau und der Osteoklasten durch Abbau von Knochensubstanz in den Lamellenknochen um. Dieser ist umgeben von dem Periost, außen besitzt er eine stabile Kompakta und im inneren eine schwammartige Spongiosa [64]. Somit ist er durch diese Inhomogenität besonders leicht bei doch hohem Stabilitätsvermögen. Die Knochenstruktur bildet wegen seiner organischen Komponente eine gute Zugbelastbarkeit, und wegen seiner anorganischen Komponente eine gute Druckbelastbarkeit aus. Diese Eigenschaften sind vergleichbar mit dem Verbundwerkstoff Stahlbeton, der sich auch noch zeitlich lebens verändern kann und damit zeigt der Knochen eine perfekte physiologische Anpassung.

Bei der Entstehung von Knochen unterscheidet man drei verschiedene Ossifikationstypen:

- Enchondrale Ossifikation
- Perichondrale Ossifikation
- Desmale Ossifikation

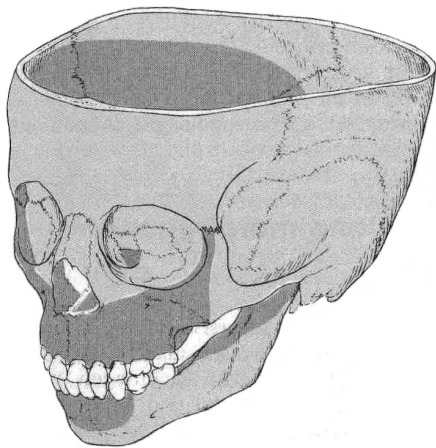
Die Knochenform wird knorpelig vorgebildet und dann bei der enchondralen Ossifikation durch Knochensubstanz ersetzt. Mesenchymzellen, die zu Osteoblasten differenzieren, bilden eine Manschette um die Diaphysen und geben somit bei der perichondralen Ossifikation die spätere Wachstumsrichtung vor. Unter desmaler Ossifikation versteht man die direkte Knochenneubildung [52].

2.5.2. Knochenwachstum

Man unterscheidet drei Mechanismen der Entwicklung von knöchernen Strukturen:

- Knochenumbau
- Knochenverlagerung
- Größenzunahme

Die Knochensubstanz wird durch osteogenes Bindegewebe [52], welches die Oberfläche bedeckt, von Osteoblasten durch Apposition an periostalen (äußeren) und endostalen (inneren) Strukturen, sowie in Suturen und Synchronosen aufgebaut [34]. Hierbei kommt es bei verstärkter Apposition zu einer Größenzunahme. Geschieht der Aufbau von neuer Substanz an periostalen Oberflächen mit gleichzeitiger Resorption durch Osteoklasten an endostalen Räumen, so vergrößert sich die Knochenstruktur ganzheitlich in ihrer Größe.



Dabei finden remodelierende Umbauprozesse statt, die eine ausgewogene Größenzunahme der Strukturen unter Erhaltung der Form, und Knochenqualität ermöglichen [52]. Auch die Passgenauigkeit zwischen zwei knöchernen Strukturen wird somit optimal ermöglicht. Diese Umbauprozesse finden an allen Oberflächen aller Teile jedes Knochens in einer spezifischen Art statt und bilden dadurch Felder osteogener Aktivität, welche charakteristisch für jeden Knochen sind [34].

Abb. 17: Aus Feldern der Oberflächenresorption (dunkle Gebiete) und –apposition (helle Gebiete) ergibt sich Remodellierung [34]. (aus: ENLOW [137])

Bei der Verlagerung bewegen sich benachbarte Knochen durch ihre Größenzunahme in den Bereichen von Suturen, Synchronosen und Kondylen voneinander weg [52]. Dieser Vorgang wird auch **Displacement** bezeichnet. Beim primären Displacement kommt es zu einer Verlagerung, hier auch **Translation** genannt, kombiniert mit eigenem Wachstum der bewegten

Struktur. Knochenverlagerung durch Fernwirkung der Expansion nicht anliegender Knochen und Weichgewebe bezeichnet man als sekundäres Displacement. Dieser gewonnene Platz entspricht dem Ausmaß des Knochenanbaus. Allgemein bezeichnet man eine Knochenverschiebung als Drift. Verlagerungen, die nach dem An- und Abbauprinzip erfolgen bezeichnet man auch als **Translokation** [34]. Das **V-Prinzip** ist ein weiterer Mechanismus bei fazialen und kranialen Knochen, die eine V-förmige Konfiguration besitzen. Hierbei wird auf der Außenseite Knochen resorbiert und auf der Innenseite gleichzeitig appositioniert. Dabei wächst die Struktur in Richtung seiner offenen Seite bei gleichzeitiger Größenzunahme. Generell bezeichnet man das Verhalten von Apposition in Wachstumsrichtung und Resorption entgegengesetzt der Wachstumsrichtung als **Prinzip der Oberflächen**. Die Steuerung des Wachstums funktioniert über Wachstumsfelder, welche sich in den Weichgeweben befinden und als funktionelle Matrix agieren. Besonders aktive Felder wie die Suturen, die Synchondrosen, die Tubera maxillae und die Alveolarfortsätze bezeichnet man als Wachstumszentren [52]. Generell stellt das Wachstum einen differenzierten Prozess dar, der in unterschiedlichen Regionen in unterschiedlichem Ausmaß zu unterschiedlichen Zeiten in unterschiedliche Richtungen stattfindet, wobei hier auch noch zusammenhängende und voneinander abhängige Funktionen mit einbezogen werden müssen [34]. Gesteuert werden diese Vorgänge neben genetischen Vorgaben auch durch Einflüsse von Muskeln, Weichteilen und äußeren Determinanten [105]. Störungen in diesem System führen zu Abweichungen im Wachstum, so kommt es etwa bei Mundatmern zu einer gestörten Gaumenentwicklung, da die notwendigen Einflüsse der nasalen Atmung fehlen und das Muskelfunktionsmuster verändert ist [34]. Pathologische Hintergründe wie etwa im suturalen System oder generell Knorpel-Knochen oder Muskel-Weichteil-System betreffend, führen zu schweren Deformationen des Gesichtskeletts in allen drei Dimensionen [105].

2.5.3. Schädelentwicklung

Bei der Geburt sind die orale und nasale Komponente des Gesichts verhältnismäßig klein gegenüber Gehirn, Neurokranium und Orbitae [34]. Nach STÖCKLI ist das Verhältnis des Hirnschädels etwa achtmal größer, als das des Gesichtsschädels [105]. Nach etwa 5 Jahren kommt es zu einem Wechsel zwischen der Dominanz von neurokranialem zu viszerokranialem Wachstum [52], bis schließlich der Verhältnisunterschied bei Wachstumsende nur noch das 2,5fache beträgt [105].

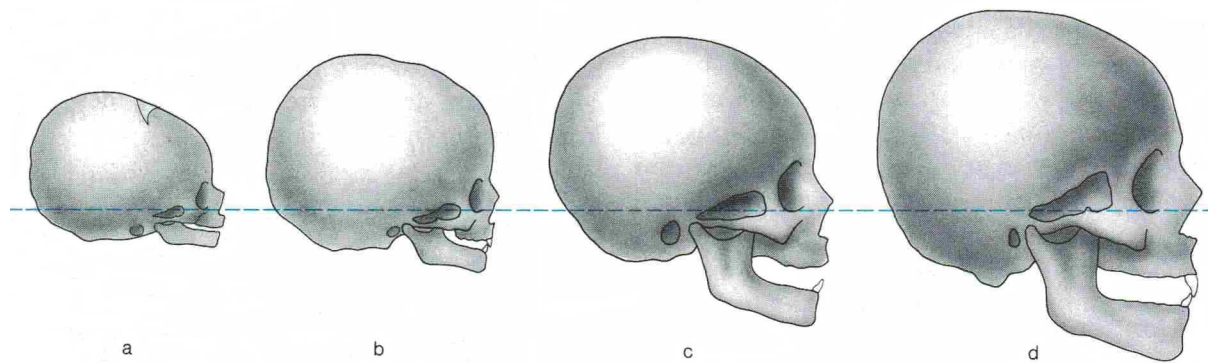
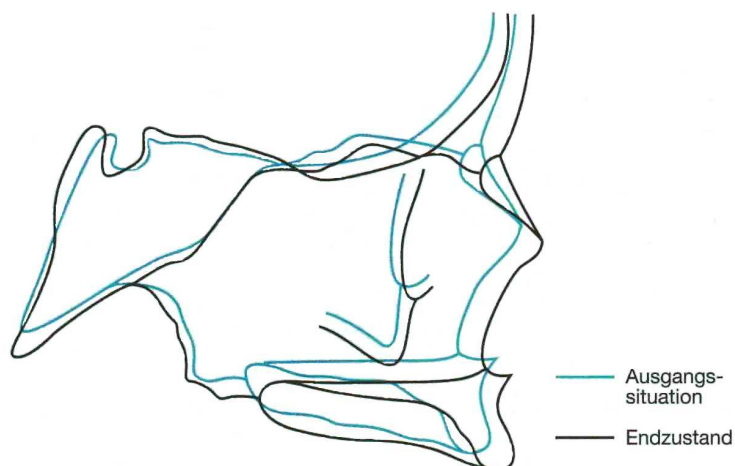


Abb. 18: Schädelzeichnungen im gleichen Maßstab: (aus: MIETHKE [138])

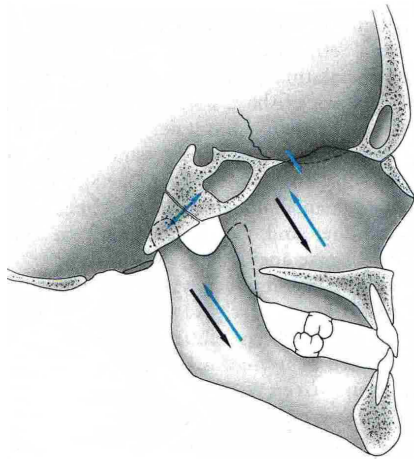
a) Geburt b) 1 Jahr c) 6 Jahre d) 20 Jahre

Die kurzen Alveolarfortsätze sind dem frühkindlichem Saug- und Schluckvorgang angepasst. Zu dieser Zeit ist die transversale Gesichtsdimension bemerkenswert größer gegenüber der vertikalen, wobei die Ursache in der breiten Schädelbasis liegt. Das vertikale Gesichtswachstum beschleunigt sich später, wenn die Entwicklung des Gehirns und des Neurokraniums sich verlangsamen [34]. Der Säugling weist eine mächtige Schädelkalotte auf mit großen Proportionen für die Augen, wohingegen der nasale und orale Anteil nur eine geringe Höhe aufweisen. Der Unterkiefer liegt deutlich posterior, wobei diese sagittale Diskrepanz zwischen Unter- und Oberkiefer bereits in den ersten Lebensmonaten durch einen mandibulären Wachstumsspurat verringert wird. Danach hält die stärkere anteriore Verlagerung der mandibulären Komponente gegenüber der maxillären an [105]. Bei fortgeschrittenem Körperwachstum und damit zunehmendem Lungenvolumen steigt dabei auch die nasale Kapazität. Eine Vergrößerung des Nasenraums entsteht durch abwärtsgerichtete Verlagerungen der Ober- und Unterkieferfortsätze, was eine vertikale Gesichtsverlängerung hervorruft [34]. Diese vertikale Ausbreitung ist Voraussetzung für den Zahndurchbruch und Alveolarfortsatzbildung [105].



Durch die erste und zweite Dentition und der Expansion der Muskulatur wird diese Vergrößerung dann noch verstärkt [34]. Dabei rotiert das Gesicht in vertikaler Richtung unter dem Hirnschädel und dessen Basis nach ventral hervor [105].

Abb. 19: Wachstum durch Größenzunahme und Verlagerung (aus: MIETHKE [139])



In der Pubertät wird vor allem bei Jungen die Verlagerungsdifferenz zu den Mädchen nochmals intensiviert. Von einer deutlich nach hinten schrägen Gesichtskontur wird bis zum Erwachsenenalter, durch die Ventralverlagerung der beiden Kiefer eine nahezu gerade Kontur erreicht [34], bis schließlich die typische menschliche und geschlechtsspezifische Gesichtsphysiognomie bei Mädchen etwa um das 18. und bei Jungen etwa um das 21. Lebensjahr abgeschlossen ist [105].

Abb. 20: Vorherrschende Wachstumsrichtung (blaue Pfeile) der Schädelbasis, des Ober- und Unterkiefers sowie daraus resultierende Translation (schwarze Pfeile) beider Kiefer. (aus: MIETHKE [140])

BJÖRK und SKIELLER führten mehr Wachstumsanalysen bezüglich skelettaler Entwicklung und Morphogenese durch. In einer Strukturüberdeckung von 1983 werden OK und UK, in Bezug zum Sella-Vorderrand, miteinander verglichen. Verschiedene Verlagerungs- und Wachstumsprozesse zeigen eine nach anteriokaudal gerichtete Veränderung. Das Profil wird von schräg nach posterior verlaufend zu gerade geändert, aufgrund der Rotation der etwas ausgeprägten UK-Vorverlagerung bezüglich dem OK und der beginnenden Kinnprominenz. Hierbei ist der Hauptfaktor für die Rotationsrichtung das Wachstum der Kondylen. Bei vertikalem Wachstum entsteht eine anteriore und bei sagittalem eine posteriore Rotation der Mandibula. Hierbei unterscheiden die Autoren zwischen Totalrotation des gesamten Unterkieferkorpus, der Matrixrotation in den Kondylen und der Intramatrixrotation im Unterkieferkörper. Die Spinaebene und die Frankfurter Horizontale wandern parallel nach kaudal und die Okklusionsebene wird nach anterior rotiert, so dass dabei die Kondylen und die Fossa articularis nach dorsokaudal getragen werden. Der Unterkieferrand entwickelt sich etwas weniger steil [15].

ENLOW stellt generell fest, dass die Schädelbasis eine Art Entwicklungsschablone darstellt, die die Strukturen des Gesichts vorherbestimmt, da diese über Suturen und Kondylen mit ihr verbunden sind und daher ihr Wachstum über sie indirekt geleitet wird. So bestimmt etwa die Ausprägung der Fossa cranii anterior den nasomaxillären Komplex im Umfang seines Wachstumsfeldes, in das hinein sich das Mittelgesicht ausprägt. Eine breite und kurze vordere Schädelbasis verursacht einen gleich ausgeformten Gaumen. Von der Größe des Hartgaumens hängt die apikale Basis der maxillären Dentition ab. Somit wird die Ausprägung des

Zahnbogens von dem Frontallappen des Gehirns über die Fossa cranii anterior, den nasomaxillären Komplex und dem Hartgaumen vorgegeben. Während die mittlere Schädelgrube in Beziehung zu den Ramii mandibulae stehen, steht die Unterkieferbasis und sein Alveolarfortsatz in Korrelation zum Oberkieferalveolarfortsatz, dem Hartgaumen und der Fossa cranii anterior. Hieraus geht ein wichtiges biologisches Konzept hervor, nachdem die Entwicklungsdeterminanten die Größe, Form und Position größerer Gesichtsteile festlegen, demnach aber nicht genetisch unbedingt in dieser Region selbst lokalisiert sein müssen. Damit ergibt sich die grundlegende Frage, wo die Bereiche für ein zahnärztliches eingreifen liegen, um die lokale Morphologie und das Wachstum, das zu dieser Morphologie führt, zu beeinflussen. Auch die ursächlichen Gründe für Rezidiverscheinungen werden in Frage gestellt, wenn die ursächlichen Determinanten nicht in der ausgeprägten Region vorliegen, die durch Behandlungsmaßnahmen direkt gar nicht beeinflusst werden [34].

2.6. Grundlagen des Oberkieferwachstums

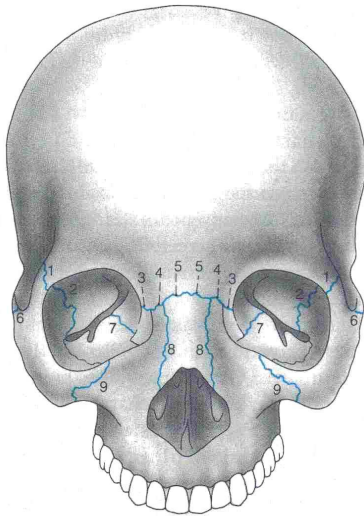
2.6.1. Allgemeines Oberkieferwachstum

Generell kann man beim Wachstum des Oberkiefers zwei Arten unterscheiden. Zum einen die **Translation**, bei der es zu einer Positionsänderung des Kieferkörpers kommt, und zum anderen die **Transformation**. Hierbei kommt es an den Grenzbereichen zu Nachbarstrukturen und an freien Oberflächen durch lokale Zuwachsvorgänge zu einer Größenzunahme. Die Hauptwachstumszonen sind nach kaudal (Alveolarfortsatz), nach dorsal (Tuber) und zu einem geringen Grad nach kranial (Orbitaboden). Voraussetzung für Zuwachs im Tuberbereich und Orbitaboden ist die Verlagerung des Oberkieferkörpers weg von der Schädelbasis und den Processi pterygoidei nach anteriokaudal [105].



Durch Vergrößerung des Weichgewebes und des Pharyngs wird die komplette nasomaxilläre Einheit nach anterior und kaudal verlagert. Hierbei werden die Knochenanteile aus ihrer Verbindung gelöst, wobei unter gleichzeitigem Remodellierungsprozeß (+) Knochen in den Raum, der durch die Verlagerung entsteht, wächst [34]. Wachstum erfolgt hier durch Ausgleich in den betroffenen kranialen und dorsalen Suturen [105].

Abb. 21: Prinzip Translation, hier: Ventralverlagerung der Maxilla (aus: ENLOW [141])

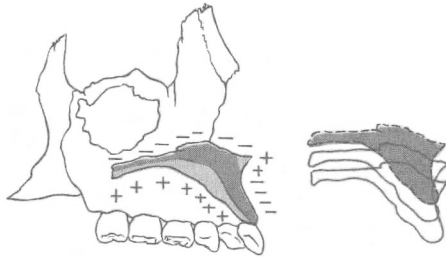


- 1= Sutura frontozygomatica
- 2= Sutura sphenozygomatica
- 3= Sutura frontolacrimalis
- 4= Sutura frontomaxillaris
- 5= Sutura frontonasalis
- 6= Sutura temporozygomatica
- 7= Sutura ethmoideomaxillaris
- 8= Sutura nasomaxillaris
- 9= Sutura zygomaticomaxillaris

Abb. 22: Frontale Oberkiefersuturen [74] (aus: MIETHKE [142])

Das sagittale Wachstum beginnt mit dem Durchbruch der bleibenden Seitenzähne [97]. Hierbei verlängert das Tuberwachstum den Kieferbogen nach dorsal und bietet damit Platz für die Molaren [105]. Wachstum der Alveolarfortsätze wird durch Zähne induziert. Beim Neugeborenen sind die Zahnanlagen im Kieferkörper [105]. Beim Durchbruch beginnt dann das vertikale Wachstum und führt auch zu einer Veränderung der Gesichtsproportionen [97]. Somit wird erst durch den Zahndurchbruch Knochen durch Apposition aufgebaut. Demnach kommt es beim Fehlen von Zähnen oder Nichtanlage zu keinem Alveolenwachstum. Gehen nun Zähne verloren bildet sich der entsprechende Knochenanteil zurück. Bei vollem Verlust entsteht der Greisenkiefer, der nur noch den basalen Kieferanteil beherbergt. Bei einer Ankylose wird das Wachstum eingestellt, da hierbei der appositionelle Mechanismus nicht mehr möglich ist und Knochen nicht interstitiell wachsen kann. Wachstum ist hierbei immer ein Wechselspiel aus Apposition und Resorption in entgegengesetzter Richtung. Bei der Oberkieferfront ist die inferiore Bukkalfläche des Alveolarfortsatzes der Wachstumsrichtung abgewandt und es kommt daher zu Resorption. Deshalb sind hinsichtlich Breiten- und Längenzuwachs des Alveolarbogens mittels Oberflächenaktivität enge Grenzen gesetzt. Nur eine bescheidene vestibuläre Driftbewegung der äußeren Kortikalis ist während des Durchbruchs der Front zu erwarten. In Richtung Processus zygomaticus wechselt die Oberflächenorientierung, so dass im Molarengebiet die äußere Kortikalis appositioniert wird und dabei eine gute Knochenbedeckung erzielt wird [105]. Das Alveolarfortsatzwachstum nach dem V-Prinzip muss daher mehr leisten als nur Behausung der Zahnwurzeln. Ein wesentlicher Anteil zur Ausdehnung der nasalen Räume ist die inferiore Verlagerung des Oberkiefers an den suturalen Grenzstrukturen. Sein Wachstum ermöglicht den wesentlichen Anteil zur Ausdehnung der nasalen Räume (Translation) [105], wobei hier gleichzeitig auch am Nasenboden

Resorption erfolgt [52]. Zum anderen die nach kaudal dem Alveolarfortsatzwachstum folgende Drift des Nasen – Sinusbodens, was hierbei als Translokation bezeichnet wird [105]. Der Gaumen gewinnt an Höhe, weil die Apposition am Alveolarfortsatz rund dreifach größer ist als die am Gaumendach. Dies ist nötig, da die Zunge in der infantilen und frühen juvenilen Phase verhältnismäßig überdimensioniert ist [105].

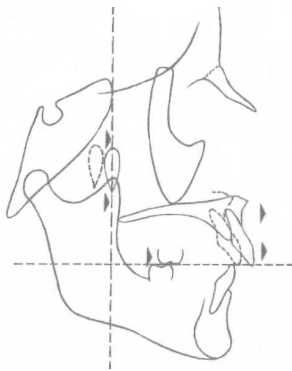


Resorptions (-) und Appositionsfelder (+), entlang der nasalen und oralen Oberfläche, ergeben die Remodellierung des Gaumens [34].

Abb. 23: Remodellierung des Gaumens (aus: ENLOW [143])

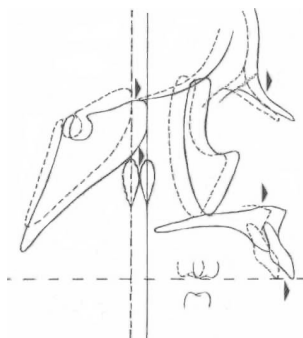
Bei der transversalen Erweiterung ist die Sutura palatina mediana wesentlich beteiligt. Besonders im 1. Lebensjahr, während des Durchbruchs der Milchfrontzähne ist im Eckzahnbereich eine Breitenzunahme von etwa 3 – 4 mm zu beobachten, danach nur noch gering im Bereich des Processus zygomaticus an den Molaren. Ein Ende des transversalen Wachstums tritt beim Übergang zur Synostose im Alter von etwa 17 Jahren auf [105]. BJÖRK hat diese Entwicklungsvorgänge mithilfe von im Oberkiefer inserierten Metallimplantaten, untersucht, und dabei erkannt, dass durch Remodellierung es zu konstantem Wachstum kommt und dieses während der Pubertät den größten Wert annimmt [14]. Mit etwa ein bis zwei Jahren verknöchert die Sutura zwischen der Prämaxilla und Maxilla und etwa mit vier Jahren stellen die Suturen keinen aktiven Wachstumsbeitrag mehr da. Ihr Schluss ist funktionsabhängig [52]. Der Oberkiefer im Ganzen verlängert sich nach dorsal, transversal und kaudal, so dass er dabei nach anteriorkaudal rotiert [105]. Dies erfolgt unter anderem durch die Expansion der mittleren Schädelgrube, wobei die Maxilla durch sekundäres Displacement passiv verlagert wird, und gleichzeitig mesiorkaudal durch primäres Displacement remodelliert wird. Hierbei treffen Resorption und Apposition im Bereich des A-Punktes vestibulär der Prämaxilla zusammen. Kaudal davon findet Resorption, kranial Apposition, statt. Insgesamt führt dies zu einer A-Punktverlagerung nach dorsorkaudal [52]. Nach STÖCKLI kommt es allgemein beim Knochenwachstum nicht zu einer gleichmäßigen linearen Größenzunahme, sondern eher zu einem leichten Pendeln durch die ständigen Appositions- und Resorptionsvorgänge. Innerhalb der gesamten Wachstumsphase ergibt sich eine Mesialwanderung der Zähne und des gesamten Oberkiefers, die aber früher eingestellt wird als die des Unterkiefers [105].

Der Maxillakomplex zeigt allgemein folgendes schemenhafte Wachstum nach ENLOW [34]:



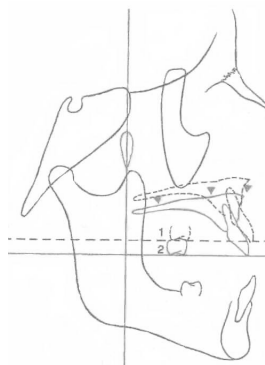
Die komplette Maxilla wird um den Betrag nach anterior verlagert, wie sie gleichzeitig posterior remodelliert wird. Da Verlagerung und Remodellation zeitgleich geschehen, persistiert die Fossa pterygopalatina auf der vertikalen Referenzebene [34].

Abb. 24: Verlagerung der kompletten Maxilla (aus: ENLOW [144])



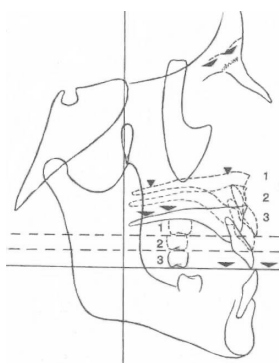
Der nasomaxilläre Komplex und die vordere Schädelgrube werden äquivalent der Expansion der mittleren Schädelgrube nach anterior verlagert [34].

Abb. 25: Verlagerung des nasomaxillären Komplex (aus: ENLOW [145])



Nach inferior werden Gaumen und Maxillarbogen remodelliert, und dabei „driften“ die Zähne von Level 1 zu Level 2 [34].

Abb. 26: Remodellation des Gaumen und Maxillarbogen (aus: ENLOW [146])



Von Level 2 zu Level 3 wird die komplette maxilläre Einheit nach inferior verlagert. Dabei wird die Maxilla durch Wachstum und Remodellierung in den vertikalen Suturen (vor allem in der nasofrontalen und frontomaxillären Suture) vergrößert [34].

Abb. 27: Verlagerung der maxillären Einheit (aus: ENLOW [147])

2.6.2. Verlagerungsvorgänge des Oberkiefers

Gegenüber der vorderen Schädelbasis verlagert sich der Oberkiefer nach anteriokaudal. Wie steil dies geschieht, hängt unter anderem davon ab, ob das Gesicht höher oder breiter wird. Zu dieser Verlagerung erfolgt gleichzeitig eine Rotationsbewegung, die im Ansatz dem Rotationsmuster des Unterkiefers folgt. Normalerweise ist die Rotation des Unterkiefers stärker, so dass dieser auch gegenüber dem Oberkiefer rotiert. Die Oberkieferrotation, die mit der Verlagerung verbunden ist, und durch Implantatstudien von BJÖRK nachgewiesen wurde [12], wird von einem speziellen Remodellierungsmuster assoziiert, das eine fast konstante Neigung des Nasenbodens zur Schädelbasis beibehält. Demnach wird bei anteriorer Rotation auf der nasalen Seite in Richtung Spina nasalis anterior die Resorption stärker. Bei der seltenen posterioren Rotation wird sie schwächer als im dorsalen Anteil. Im Alter von etwa 8 Jahren beläuft sich die anteriore Verlagerung des Oberkiefers um etwa 1mm/Jahr [104]. Ab diesem Entwicklungsstadium ist die anteriore Translation des Os frontale nahezu eingestellt. Daher muss sich die Schädelbasis durch einen anderen Mechanismus verlängern. Im Bereich der Verbindung zu den Ossa nasalia driftet die äußere Kortikalis des Stirnbeins mit diesen und kranial davon nach anterior. Diese Translokation erfolgt durch endostale Resorption an der Innenfläche und Apposition an der Außenfläche. Nur wenig Änderung findet an der zerebralen Kortikalis statt, was zu einer Ausweitung der Diploe führt. In diesem geschaffenen Raum kann sich dann der Sinus frontalis vergrößern. Auffallend genau auf die Vorverlagerung des Oberkiefers ist diese Vorwärtsdriftbewegung, so dass sich der Winkel SNA im weiteren kaum oder nur sehr wenig verändert [104]. Durch die bereits erwähnten Implantatstudien von BJÖRK wurden die Vorgänge des Vertikalwachstums auch quantitativ besser beurteilbar [12]. Durchschnittlich etwa 2mm pro Jahr gegenüber der Schädelbasis beträgt der Gesamtzuwachs gemessen am 1. Molaren. Durch die Distanzzunahme des Implantates zur Schädelbasis entfallen hierbei etwa 0,8mm auf die Kaudalverlagerung an den Suturen und durch die Distanzzunahme des Molars zum Implantat rund 1,2mm auf das Alveolarwachstum. Hinsichtlich Gesamtbetrag und Verteilungsgrad war erwartungsgemäß die Variationsbreite hoch. Dabei kann das Alveolarfortsatzwachstum das suturale Wachstum deutlich übertreffen. Weitere Erkenntnisse bieten die Abstandsänderungen des Nasen- und Orbitabodens zum Implantat. Dabei erreicht der Nasenboden ein Wachstum, das etwa einem Drittel des Alveolarfortsatzwachstums beträgt, was demnach bedeutet, dass der respiratorische Raum einen bedeutenden Anteil des Alveolarfortsatzwachstums ausmacht. Dies verdeutlicht auch warum zwischen gesteigerter vertikaler Entwicklung und Nasenraumproblemen enge Zusammenhänge bestehen können. Gegenläufig nach kranial verlagert sich der Orbitaboden etwa

um die Hälfte der suturalen Kaudalbewegung des Implantats. Dieser Translokationsausgleich bewahrt die Orbita vor einer zu großen Verlagerung nach kaudal und verursacht zugleich eine Ausweitung des Sinus maxillaris nach kranial [14,47,104].

2.7. Wachstumsstudien der kraniofazialen Entwicklung

HEDLY, PAYNE und DAVIDSON beschrieben bereits 1897 Grundprinzipien der dreidimensionalen Betrachtung und Analyse kraniofazialer Strukturen bei konventioneller zweidimensionaler Röntgentechnik [30,83].

BROADBENT und HOFRATH führten dann erstmalig 1931 FRS-Aufnahmen als diagnostisches Hilfsmittel in die kieferorthopädische Therapie ein [18,46].

HELLMANN untersuchte 1933 in einer größeren kraniofazialen Studie mit 1703 Versuchspersonen Entwicklungsveränderungen. Dabei fand er heraus, dass das Wachstum in der sagittalen Richtung größer ist als in der Vertikalen. Er zeigte, dass das Gesichtswachstum sich in verschiedene Regionen unterteilt mit unterschiedlicher Entwicklungsgeschwindigkeit. Er nannte dies „Differentialwachstum“ [44].

GOLDSTEIN studierte 1936 Wachstumsschübe und Entwicklungsgeschwindigkeiten. Dabei beobachtete er Differenzen in der proportionalen Verteilung und den Zeitpunkten [41].

BROADBENT stellte 1937 bei seinen Untersuchungen fest, dass der Oberkiefer sich im ganzen nach kaudal und im vorderen Bereich nach anteriorkaudal entwickelt [19].

BJÖRK entwickelte 1947 ein Winkelsystem, um das kraniofaziale Wachstumsmuster darzustellen. Seine Querschnittsstudie von 1951 mit kephalometrischen Röntgenaufnahmen von 12-jährigen Jungen, die er mit erwachsenen Profilen verglich, zeigte wachstumsbedingte Veränderungen, die proportional und abhängig vom Alter sind [9,10]. Anschließend untersuchte er die Wachstumsveränderungen anhand von inserierten Metallimplantaten an Jungen ohne kieferorthopädische Behandlung zwischen 4 und 21 Jahren im Profil und in anteriorposteriorer Richtung. Es konnten Stellen von Wachstum und Resorption und die individuellen Wachstumsvariationen gefunden werden. Er zeigte, dass es auch nach der Hauptwachstumszeit noch zu einem langsamen Restwachstum kommt, wobei bei Jungen und Mädchen die SN-Linie im Vergleich zu anderen kraniofazialen Strukturen relativ konstant blieb, so dass diese Verbindung als Referenzlinie herangezogen werden kann. In seinen Untersuchungen verwendete er Patienten mit Klasse I und Klasse II Fehlstellung [11,13,14].

BRODIE untersuchte 1953 Wachstumsveränderungen an Patienten zwischen 8 und 17 Jahren. Er zeigte Abweichungen im fazialen Wachstumsverhalten und Unterschiede innerhalb seiner Gruppen bezüglich Stabilität und Muster der Entwicklung. Hierbei kam er zu dem Ergebnis,

dass das Wachstum für jeden individuell und nicht nach statistischen Kriterien von nur einzelnen Winkel- und Längendefinitionen beurteilt werden kann. Die Hauptwachstumsrichtung der Kieferbasen ist nach anteriokaudal gerichtet, jedoch bei gleich bleibender interbasaler vertikaler Relation [22].

NANDA beobachtete 1955 die einzelnen Entwicklungsgeschwindigkeiten von einzelnen fazialen Regionen. Dabei stellte er fest, dass sich diese nicht linear veränderten und ihre Geschwindigkeiten variierten. Die Entwicklungskurven folgten den allgemeinen skelettalen Wachstumskurven. Die SN-Längenentwicklung ist hierbei aber vom generellen Körperwachstum beeinflusst. Jungen wachsen während der Pubertät mehr als Mädchen [77].

JAMISON ET AL. führten 1955 Untersuchungen zum jugendlichen Wachstum durch. Sie unterscheiden hierbei drei Wachstumsstadien, das Prämaximum, das Maximum und das Postmaximum, wobei es in jeder Phase zu einem unterschiedlichen Wachstum kommt. Ziel ihrer Untersuchung war die anteriorposteriore Veränderung der Maxilla und deren Relation des gesamten Maxillakomplexes, sowie die Beziehung der Maxilla zur Mandibula zu ergründen. Hierbei stellten sie fest, dass es geschlechtsspezifische Unterschiede der Wachstumsveränderung gibt [49].

RICKETTS veröffentlichte bereits 1957 Mittelwertanalysedaten anhand von 1000 FRS-Aufnahmen. 1960 untersuchte er den Einfluss kieferorthopädischer Behandlung auf das Gesichtswachstum, im Vergleich zu zwei unbehandelten Vergleichsgruppen mit Klasse I und II/1. Die 5 Gruppen im Alter zwischen 8,1 und 11,1 Jahren wurden 30 Monate untersucht. Er entwickelte Wachstumsanalysen für das komplizierte Knochenmosaik der Schädelbasis und des Mittelgesichts [90].

BAMBHA führte 1961 eine Studie über Schädelwachstum bei 50 weißen Amerikanern durch. Seine Erkenntnisse stimmen mit denen von BROADBENT und BRODIE überein, die herausfanden, dass das Restwachstum nach Abschluss der 2. Dentition zu keiner größeren Proportionsveränderung des Gesichts führt [3,19,21].

ENLOW ET AL. prägten 1969 die „Kephalemtrische Wachstumsanalyse“. Sie verfolgten die Entwicklung des Schädels und stellten fest, dass das Wachstum nicht isoliert vorkommt, sondern als komplexer Zusammenhang verstanden werden muss. Veränderungen einzelner Strukturen führen zu Verdrängung und Ausgleich benachbarter Strukturen. Hierbei entsteht eine Kompensation mit äquivalentem Gleichgewicht [33,34].

NANDA untersuchte 1970 in einer kephalometrischen Wachstumsstudie Mädchen und Jungen zwischen 5 und 18 Jahren. Dabei stellte er fest, dass die größten linearen Veränder-

ungen in der Pubertät statt finden und es einen Unterschied in der Profilstruktur zwischen Mädchen und Jungen gibt [78].

DROSCHL ET AL. führten 1977 und 1978 funktionelle Gebissanalysen an Jugendlichen durch. Sie beschrieben wachstumsbedingte Veränderungen der Scharnierachse und Okklusion bei Jugendlichen. Hierbei zeigten sie, dass sich im Verlauf der Entwicklung Veränderungen ergeben und diese berücksichtigt werden müssen [31,32].

JANSON untersuchte 1978 in einer breit angelegten Studie 134 Patienten, die mit einem A-Bionator behandelt wurden, und verglich diese mit einer unbehandelten Kontrollgruppe auf dentoalveoläre Veränderungen. Hierbei stellte sie keine skelettalen Beeinflussungen durch die Bionatortherapie fest [50].

HASUND ET AL. berücksichtigte 1974 für die individualisierte Kephalemetrie nach der Bergen-Technik individuelle Variationen der Morphologie. Es wurden individuelle Normen und leitende Variablen verwendet und keine Durchschnittswerte [43].

SEGNER und HASUND fanden in Korrelationsuntersuchungen unbehandelter junger Erwachsener kephalometrische Abhängigkeiten. Dabei ordneten sie Winkelwerte wie SNA, SNB, NSBa, NL-NSL, ML-MSL und ML-NL anhand von Regressionsgleichungen in eine „Harmoniebox“ ein, mit der umfangreiche Untersuchungen getätigt werden können. In Longitudinalstudien sind Wachstumsmuster zu erkennen, aber es gelingt auch die skelettale Identität, bzw. ethnische Besonderheiten solcher Daten als Charakteristika festzuhalten [99].

BROADBENT ET AL. entwickelten 1975 eine longitudinale Datenbank mit fast 5000 Kaukasiern. Sie fanden heraus, dass die normalen Veränderungen von Alter, Geschlecht und ethnischen Gruppen abhängen. Demnach besitzen verschiedene Ethnien unterschiedliche Wachstumsschemen [20].

MITANI untersuchte 1977 an 30 japanischen Kindern die kraniofaziale Entwicklung. Hierbei konnte er Veränderungen im Laufe des pubertären Wachstumspurtes darstellen [75].

RAKOSI veröffentlichte 1979 seinen Atlas zur praktischen Fernröntgenanalyse, indem er genau die Kephalemetrie und deren Anwendung auf FRS-Aufnahmen mit Diagnosen und Therapien beschreibt. Neben Wachstumsmustern zeigt er auch gesammelte Durchschnittswerte zu standardisierten Referenzangaben [88].

BURSTONE und PRYPUTNIEWICZ stellten 1979 den Einfluss von Zeit und orthodontischer Kraft auf Zahnbewegungen dar. 1980 entwickelten sie eine Holographiemethode zur dreidimensionalen Darstellung von Zahnbewegungen [24,25,87].

VAN DER LINDEN analysiert 1979 die unterschiedlichen Komponenten Skelett, Dentition und Funktion des dentofazialen Komplexes bei Patienten mit Klasse I. Diese stehen zueinander in Relation und beeinflussen sich gegenseitig [113].

BAUMRIND, MOFFIT und CURRY beschrieben 1983 eine Systematik zur dreidimensionalen kraniofazialen Röntgenanalyse [5,6].

BAUMRIND ET AL. verglichen 1984 an 303 Patienten orthodontische und orthopädische Effekte durch maxillären Kraftansatz. Hierbei stellten sie fest, dass das maxilläre Displacement beim zervikalen Headgear gegenüber dem vertikalen Headgear größer ausfiel [7].

GIANELLY ET AL. untersuchten 1984 Patienten mit Klasse II-1 Fehlstellung mit verschiedenen Therapien auf ihre kephalometrische Entwicklung. Dabei stellten sie unterschiedliche Ausprägungen durch orthopädische Kräfte und Zahnbewegungen fest [39].

McNAMARA entwickelte 1984 eine Methode zur kephalometrischen Analyse und kieferorthopädischen Therapieplanung [66]. Ein Jahr später untersuchte er bei Klasse II Patienten das kraniofaziale Wachstum. Dabei verglich er 100 Patienten, die mit einer Fränklappatur behandelt wurden, mit einer unbehandelten Vergleichsgruppe und untersuchte dentoalveoläre und skelettale Veränderungen [67].

SELVIK beschrieb 1986 eine Stereoröntgentechnik (RSA) mit 2 Röhren und einem mathematischen Berechnungsmodell um Wachstumsvorgänge zu untersuchen [101].

PROFFIT und FIELDS sowie BRAUN ET AL. benutzten zur Analyse des maxillären Bereichs die C-Achse. Dies ist eine kephalometrische Verbindungslinie vom Punkt S zu einem vorderen Mittelpunkt der Maxilla [17,86].

MEISTRELL führte 1986 an 42 Patienten mit Klasse II Fehlstellung eine kephalometrische Studie durch. Dabei konnte er bei der anteriorposterioren Veränderung der oberen Molaren eine Reduktion des Winkels SNA feststellen [68].

SOLOW und SIERSBAEK-NIELSEN analysierten 1986 in einer kephalometrischen Studie mit 43 Kindern Veränderungen der Gesichtsmorphologie. Es wurde nach Korrelationen zwischen kraniozervikaler und vertikaler Angulation und Veränderungen der Gesichtsstruktur gesucht. Dabei wurde festgestellt, dass keine nennenswerte Veränderung der Gesichtsmorphologie durch vertikale Angulation entsteht [103].

VAN DER BEEK ET AL. untersuchten 1991 vertikale Veränderungen des Gesichtsschädels anhand von 72 holländischen Mädchen im Alter von 7 und 14 Jahren. Ihre Ergebnisse zeigten wenige Korrelationen zwischen den Wachstumsparametern von anteriorer und posteriorer Gesichtshöhe [112].

NANDA beschäftigte sich 1991 mit dem Wachstum der anteriorkranialen Basis von Oberkiefer und Unterkiefer. Demnach wuchsen die fazialen Dimensionen der Strecke S-N und des Winkels SNA nicht gleichmäßig, blieben aber im gleichen Verhältnis zueinander. Die frühe Einstellung der S-N Längenentwicklung im Alter von 6-7 Jahren, das frühe Wachstumsende des Oberkiefers im Alter von 9-10 Jahren und die fortgeführte Unterkieferentwicklung sind verantwortlich für die Gesichtsformmodifikation [80].

NANDA und GOSH untersuchten 1995 das Wachstumsschema junger Erwachsener. Mädchen wiesen demnach weniger Veränderungen auf als Jungen. Die größten Wachstumszunahmen zeigen Mädchen zwischen 6-12 Jahren und Jungen zwischen 12-18 Jahren [81].

REDDY stellte 2000 in seiner Studie mit Patienten mit Klasse II-1 Fehlstellung fest, dass die Wurzeln der Inzisiven den A-Punkt beeinflussen können [9].

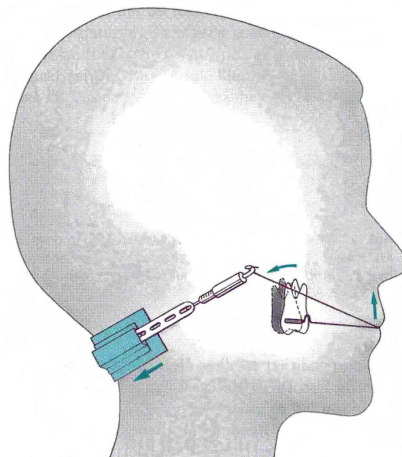
GESCH untersuchte 2000 40 Patienten mit unbehandelter Klasse II/1 Fehlstellung einmal mit 10 Jahren und einmal mit 12 Jahren. Die häufig disharmonische anteriore Lage des Oberkiefers erfordert demnach einen wachstumshemmenden Effekt. Er verglich seine Ergebnisse mit Studien weiterer Autoren, wie RICKETTS, FORSBERG ET AL., JANSON, SEGNER und MÜLLER [36,39,51,77,92,99].

CHUNG und WONG führten 2002 ebenfalls eine Untersuchung mit Patienten mit unbehandelter Klasse II Fehlstellung bezüglich kraniofazialer Entwicklung, differenziert nach verschiedenen Kieferbaseninklinationen, durch. Dabei beschrieben sie die einzelnen Erkenntnisse und differenzierten geschlechterspezifische Unterschiede [28].

OCHOA und NANDA beobachteten 2004 bei 28 Patienten mit Klasse I zwischen 6 und 20 Jahren das Wachstumsmuster. Dabei stellten sie fest, dass der Winkel SNA sich nicht signifikant mit dem Alter verändert [82].

YANLI ET AL. hatten 2009 bei 65 erwachsenen Patienten die dentoskelettalen Veränderungen nach Gaumennahterweiterungen mit 3 verschiedenen Apparaturen untersucht und die Ergebnisse mit einer Kontrollgruppe verglichen. Dabei konnten sie keine signifikanten skelettalen Veränderungen im feststellen [119].

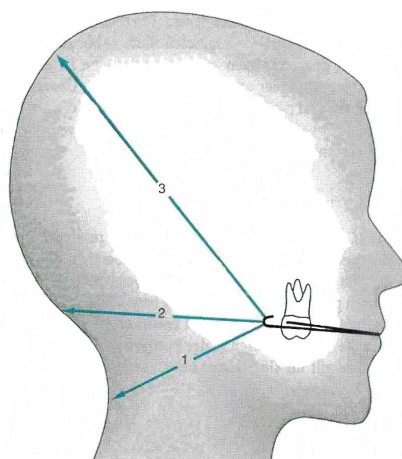
2.8. Entwicklung und Funktion des Headgears



Der Headgear ist ein intraextraorales Gerät, das durch extraorale Abstützung am Kopf vertikal und horizontal oder am Nacken zervikal eine Distalisierung der Molaren ohne Beeinflussung anderer Zähne ermöglicht. Es ist möglich ihn dentoalveolär zur Verankerung und/oder Distalisierung der Molaren zu verwenden. Darüber hinaus wird versucht, die skelettale Oberkieferentwicklung zu beeinflussen [52].

Abb. 28: Headgear mit zervikaler Zugrichtung (aus: SCHWARZE [148])

Bereits seit dem 19. Jahrhundert wurden extraorale Geräte zur Korrektur von Zahnfehlstellungen verwendet. Mit einer Lederkappe und Schnüren versucht GUNNEL Zahnkorrekturen durchzuführen, eine der ersten Formen, die man als Art Headgear bezeichnen könnte [42]. KINGSLEY ergänzte die Konstruktion mit einer Frontzahnschiene [55]. ANGLE entwickelte einen Draht, der bukkal des oberen Zahnbogens verläuft und mittels Röhrrchen und Bändern am ersten Molaren fixiert wurde, und somit dem heutigen Headgear schon sehr nahe kam [2]. Unter CASE wurde das Gerät modifiziert, so dass eine Distalisierung der Molaren möglich wurde [26]. Der Amerikaner KLOEHN entwickelte eine



abtrennbare Konstruktion, so dass der Patient das Gerät ein- und ausgliedern konnte. Zusätzlich ersetzte er das vorher übliche Kopfnetz durch einen Nackenzug, so dass dies die bis in unsere Zeit gebräuchliche Form des Headgears darstellt [58]. In Europa kennt man dieses aus Kraftquelle, Kraftübertragung und Kraftansatz zusammengesetzte, kombiniert festsitzend herausnehmbare kieferorthopädische Behandlungsgerät seit den 60er Jahren [52]. Er besteht heute aus Molarenbändern, einem Gesichtsbogen und einem extraoralen Zug [52].

Abb. 29: Unterschiedliche Zugrichtungen: 1. Zervikaler 2. Horizontaler 3. Okzipitaler Zug (aus: SCHWARZE [149])

Es gibt verschiedene Headgeartypen, ein zervikaler Zug (Nackenzug) ist vom okzipitalen, horizontalen und dem seltenen direkten Headgear für die anterioren Zähne zu unterscheiden. Beim zervikalen Headgear liegt, bei Angulation der Außenarme parallel zur Kauebene, die Kraftquelle im Nackenbereich, beim High-Pull-Headgear im okzipitalen Bereich, und beim Kombi-Headgear liegt eine Kombination aus beiden Kraftquellen vor. Die Kraftquelle kann beim zervikalen Headgear aus einem Nackenpolster, einem Gleitnackenzug mit Nylonband in Kunststoffröhrchen und einem Sicherheitsnackenzug bestehen. Je nach Art der verwendeten Zugrichtung kann es zu einem distal, disto-kaudal oder disto-kränial gerichteten Kraftvektor kommen [52].



Abb. 30: Gesichtsbogen (Facebow) (aus: SCHWARZ [150])

Die Kraftübertragung vermittelt der Gesichtsbogen (Facebow), welcher aus zwei Außenarmen und dem damit verlöteten oder verschweißten Innenbogen besteht. Die unterschiedliche Länge und Angulation der Außenarme ergibt einige Variationen des zervikalen und okzipitalen Headgears. Der Innenbogen wird in Röhrchen an den Molarenbändern oder an einem herausnehmbaren Gerät befestigt. Zur dorsalen Abstützung werden an beiden Innenbogenenden Stopps in Form einer U-Schleufe, eines Bayonettknicks oder einer verschiebbaren Hülse angebracht. Der Innenbogen läuft parallel zur Okklusionsebene und der Kraftansatz an den Molaren wird über Bänder oder Brackets mit einem Röhrchen (Tube) zur Aufnahme des Headgears erreicht. Zusätzlich sind normalerweise am Bracket Band noch weitere Vorrichtungen zur Aufnahme für Arbeits- und Hilfsbögen (Utility) angebracht [52]. Je nach Art des Headgears, Richtung und Größe der Kraft, Behandlungsdauer und Alter des Patienten können Molaren distalisiert, derotiert, extrudiert und intrudiert werden. Der Oberkiefer kann im posterioren Bereich komprimiert oder expandiert, das Schneidezahnsegment extrudiert oder intrudiert und die Molaren verankert werden. Bei entsprechender Einbindung der übrigen Zähne über einen großdimensionierten Arbeitsbogen kann eine skelettale Kraftapplikation erfolgen, mit der das Wachstum des Oberkiefers gehemmt werden soll [52]. Nach GANDINI und KIM ist sogar eine Beeinflussung des gesamten

Gesichtswachstums möglich [37,54]. Die Kraftgröße kann für dentoalveoläre Maßnahmen als orthodontische Kraft zwischen 1 und 5 N je Seite liegen, zur Beeinflussung der Oberkieferentwicklung als orthopädische Kraft zwischen 4 und 10 N betragen [52].

Während der aktiven Behandlungsphase ist eine tägliche Tragedauer von 16 Stunden anzustreben, was natürlich nur durch sorgfältige Motivation von Patienten und deren Eltern erreicht werden kann. Wegen möglicher Gefährdung sollte das Gerät aus Sicherheitsgründen nicht während der Schulzeit und beim Sport getragen werden. Der typische zervikale Headgear mit Nackenkraftansatz ist bei dentoalveolärer und skelettaler Angle-Klasse II-Anomalie zur Rückführung und Aufrichtung nach mesial gekippter Molaren indiziert. Dabei soll die Distalisierung zur Einstellung einer Klasse-I-Verzahnung im Molarenbereich angestrebt werden. Der okzipitale Headgear wird vorwiegend beim offenen Biss verwendet, wobei hier eine Intrusion der 1. Molaren erreicht werden soll [52].

2.9. Beeinflussung der Oberkieferentwicklung durch den Headgear

KLOEHN hat 1947 nach dem 2. Weltkrieg in einer der ersten Headgearuntersuchungen die bis dahin geltende Meinung widerlegt, dass extraorale Geräte nur vernachlässigbare Veränderungen auf skelettale Bereiche ausüben. Bei seiner Studie wies er Veränderungen des posterioren Alveolarfortsatzes in vertikaler und sagittaler Dimension nach [58].

KLEIN untersuchte 1957 die Auswirkungen zervikaler Kräfte auf die Maxilla. Dabei stellte er eine Verlagerung des A-Punktes nach distal fest [57].

BLUEHER führte 1958 eine kephalometrische Analyse mit 43 Kindern durch. Ein zervikaler Kraftansatz an der Maxilla zeigte eine generelle Verringerung des Winkels SNA [16].

RICKETTS beobachtete 1960 100 Headgearpatienten im Vergleich zu 100 unbehandelten Patienten über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren hinweg. Dabei konnte er durch den Einfluss des zervikalen Headgears deutliche Veränderungen im Gaumenbereich und eine dorsokaudal veränderte Wachstumsrichtung der Maxilla, sowie eine gehemmte Vorverlagerung des A-Punktes feststellen [90,91].

WIESLÄNDER kam 1963 in einer ähnlichen Untersuchung, bei der er FRS-Aufnahmen behandelter und unbehandelter Patienten analysierte, zu dem gleichen Ergebnis. Die kephalometrischen Veränderungen der Punkte A, Pm und des Spa lagen weiter posterior bei der Headgeargruppe als bei der Vergleichsgruppe. Somit zeigt die Headgearanwendung eine Auswirkung auf das skelettale Wachstum [117].

SANDUSKY untersuchte 1965 Patienten mit Klasse II-1 unter Verwendung zervikaler Zugkräfte von täglich mindestens 12 Stunden. Dabei stellte er eine Reduktion des Winkels SNA um $1,72^\circ$ fest, wobei er dabei $1,5^\circ$ Veränderung auf die Zahnbewegung zurückführt [93].

POULTON studierte 1966 den Einfluss extraoraler Kräfte auf den kraniofazialen Komplex. Dabei beobachtete er Distalbewegungen und Rotationen der Maxilla [85].

KUHN stellte 1968 bei einer Headgearstudie mit zervikalen Kraftansatz eine distale Beeinflussung der Maxilla und eine Rotation bei okzipitalen Kraftansatz fest [61].

MERRIFIELD und CROSS folgerten 1971 bei Untersuchungen zu extraoralen Kräften, dass es auch unter Einsatz eines Headgears schwierig ist, maxilläres Wachstum in anteriorer und vertikaler Richtung zu stoppen [72].

BARTON verglich 1972 20 Patienten mit zervikalen und 20 Patienten mit high-pull Headgear, dabei registrierte er eine Verkleinerung des Winkels SNA bei beiden Geräten [4].

PFEIFFER und GROBERTY beschrieben 1972 anhand von 39 Patienten mit Klasse II/1 Fehlstellung die Therapie mit gleichzeitiger Verwendung von einem Aktivator mit zervikalen Headgear. Hierbei stellten sie einen effizienteren und einfacheren Therapieerfolg fest [84].

STOREY untersuchte 1973 die Gewebeveränderung bei Knochenwachstum. Dabei beobachtete er Wachstumsbeeinflussungen auf extraorale Krafteinwirkungen [106].

MELDRUN analysierte 1975 an 4 Macaca-Affen die Auswirkungen eines vertikal-zervikalen Headgear. Das normale kaudale und anteriore Displacement zeigte sich gehemmt [69].

WIESLÄNDER beobachtete 1975 Positionsänderungen der 1. Molaren bei Patienten mit Klasse II Fehlstellung. Nach einem Zeitraum von etwa 3 Jahren, mit einer Tragedauer von etwa 12 Stunden täglich, konnte er eine durchschnittliche Distalisation von etwa 5 mm nachweisen, wobei er etwa 2mm nur der skelettalen Wachstumshemmung zuordnete [118].

ABBÜHL studierte 1975 die Auswirkungen des zervikalen Headgear auf das Fazialskelett. Dabei fand er eine Wachstumshemmung des maxillären Komplexes [1].

KOCH und WITT untersuchten 1977 die Auswirkungen zervikaler Zugkräfte auf den kraniofazialen Komplex. Neben einer Reduktion des Winkels SNA beobachteten sie noch Veränderungen der vorderen Schädelbasis [59].

KAMBARA führte 1977 eine kraniofaziale Studie an Macaca-Affen durch. Hierbei wies er nach, dass extraorale Kräfte zu einer signifikanten Veränderung der Suturen führt [53].

ITOH et al. studierten 1985 den maxillären Komplex anhand eines photoelastischen Schädelmodells. Ein dorsokaudaler Vektor verursacht eine anteriore Rotation [48].

CHACONAS, CAPUTO und DAVIS analysierten 1976 die Auswirkungen verschiedener Headgeararten auf kraniofaziale Suturen und deren daraus resultierende skelettalen Veränderungen [27].

FRISLID und RAKOSI untersuchten 1976 70 Patienten mit zervikalen Headgear. Dabei wurde eine direkte dentale und basale Wirkung auf den Oberkiefer festgestellt [36].

HENRY beobachtete 1976 die Auswirkungen von externen Kräften auf den maxillären Komplex und zeigte wachstumshemmende Einflüsse bei zervikalen Kraftansatz [45].

MELSEN führte 1977 eine Studie an 20 Kindern mit Distalbiss durch. Durch die Behandlung mit einem zervikalen Headgear war das Wachstum nach kaudal und posterior gerichtet [70].

BROWN stellte 1978 bei einer Headgearstudie an 37 Patienten eine Reduktion des Winkels SNA fest, die beim zervikalen Kraftansatz höher war als beim vertikal-zervikalen Gerät [23].

MELSEN arbeitete 1978 in einer Untersuchung mit Implantaten, um feste Referenzpunkte zu setzen. Dabei untersuchte sie verschiedene Zugrichtungen des Headgears auf die Okklusionsebene. Eine um 20° nach kaudal versetzte Zugrichtung erreicht eine zügigere Distalisation der Molaren als eine rein kraniale Krafrichtung [71].

NANDA beobachtete 1978 an Rhesus Affen die kraniofaziale Entwicklung bei anteriorer Zugkraft. Verschiedene Ansatzpunkte ergeben unterschiedliche Rotationsveränderungen [79].

TEUSCHER beschrieb 1979 die sagittale und vertikale Entwicklung bei Patienten mit Klasse II Fehlstellung bei der Distalbissbehandlung und deren mögliche Therapie [108].

ÜLGEN stellte 1981 bei einer Untersuchung von Klasse Patienten II/1 Fehlstellung, die mit einem Headgear über einen Zeitraum von 1,8 Jahren behandelt wurden, eine Verkleinerung des maxillären Prognathiegrades fest [111].

RIGHELLIS verglich 1983 die kraniofazialen Effekte einer Fränkelapparatur, eines Aktivators und verschiedener Headgeargeräte. Dabei beobachtete er generell bei extraoralen Kräften eines Headgears eine Verringerung des Winkels SNA [92].

JONAS untersuchte 1984 Veränderungen des Gesichtsprofils in einer Studie mit 25 Patienten, die in einem Zeitraum von durchschnittlich 2 Jahren mit einem Headgear behandelt wurden. Dabei stellte sie eine signifikante Verlagerung des Weichgewebsprofils aufgrund einer nach dorsal gerichteten Verlagerung des A-Punktes fest [51].

KRAGT, DUTERLOO und ALGRA führten 1986 Wachstumsstudien an menschlichen Schädeln bezüglich Displacementveränderungen unter Headgearbeeinflussung durch. Direkte skelettale Deformierungen konnten nicht beobachtet werden [60].

TEUSCHER untersuchte 1986 allgemein die Auswirkungen extraoraler Kräfte auf den Oberkieferkomplex. Hierbei stellte er bei einem high-pull-Headgear in Kombination mit

einem Aktivator einen Wechsel von posteriorer Rotation bei distalem Kraftansatz und anteriorer Rotation bei mesialem Kraftansatz fest [109,110].

PROFFITT, FIELDS und SARVER zeigten 1986 in ihrem Lehrbuch zur Kieferorthopädie unter anderem die einzelnen Auswirkungen verschiedener Headgeartherapien auf das Wachstumsverhalten [86].

WICHELHAUS und SANDER analysierten 1995 die Effekte eines high-pull Headgears in Kombination mit der Vorschubdoppelplattentechnik. Dabei beschrieben sie Veränderungen einzelner kephalometrischer Werte unter Einfluss extraoraler Kräfte [116].

ZENTNER ET AL. führten 1995 eine holographische Untersuchung zur initialen Verformung eines mazerierten menschlichen Schädels durch. Dabei stellten sie sehr komplexe Zusammenhänge fest. Der zervikale Kraftansatz verursacht dabei eine posteriore Maxillarotation [120].

GODT ET AL. zeigten 2007 anhand von 119 Patienten mit zervikalen Headgear eine Reduktion des Winkels SNA. Sie konnten daher einem Verzicht des zervikalen Headgears nach neueren Empfehlungen nicht zustimmen [40].

3. Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, das Entwicklungsverhalten des Gesichtsschädels mit Hilfe kephalometrischer Methoden zu untersuchen. Hierbei wird speziell auf die Veränderungen des Oberkiefers eingegangen. Es werden dabei die drei Hauptwachstumsrichtungen, dorsal, kranial und kaudal näher betrachtet. Zur Untersuchung werden Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität München herangezogen. Hierbei sollen Patienten, die funktionskieferorthopädisch und/oder mit Multiband/- bracketapparatur sowie fallweise zusätzlich mit einem Headgear behandelt wurden, kephalometrisch untersucht werden. Anhand ihrer jeweiligen spezifischen FRS-Auswertungen sollen Aussagen über ihr individuelles Entwicklungsverhalten getroffen werden. Anhand der angefallenen Datenmengen sollen umfassende Untersuchungen von statistischer Relevanz durchgeführt werden. In einer speziellen Untersuchung werden die Veränderungen des kranio-maxillären Komplexes durch einen zervikalen, einen vertikalen und einen kombinierten Headgear den Ergebnissen einer skelettal unbeeinflussten Vergleichsgruppe gegenüber gestellt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll auf folgende Fragestellungen eingegangen werden:

1. Wie stellt sich die durchschnittliche Oberkieferveränderung von Jugendlichen dar?
2. Zu welchem Zeitpunkt ist die größte Entwicklung zu erwarten?
3. Wie unterscheidet sich das Entwicklungsverhalten geschlechtsspezifisch?
4. Hemmt ein Headgear das skelettale Wachstum?
5. In wie weit unterscheidet sich das Entwicklungsverhalten zwischen Patienten, die mit einem Headgear behandelt werden gegenüber einer skelettal unbeeinflussten Vergleichsgruppe?
6. Welche Unterschiede ergeben sich dabei zwischen einem zervikalen, vertikalen und einem vertikal-zervikalen Headgear?

4. Material und Methode

4.1. FRS-Bildgebung und technische Daten

Das Fernröntgenseitenbild (FRS) wurde 1931 von HOFRATH und BROADBENT in die Kieferorthopädie eingeführt und gilt seitdem als wichtiges diagnostisches Hilfsmittel für den Kieferorthopäden [18,46]. Die große Entfernung von 1,5m – 4m bei der Anfertigung des FRS ermöglicht eine weitgehend originalgetreue Reproduktion des Gesichtschädels mit geringer Vergrößerung und Verzerrung. Moderne Geräte arbeiten mit einem Fokusfilmabstand von 1,5m, so halten sich Aufnahmeverzerrungen durch die Strahlendivergenz und Röntgenstrahlenintensität die Waage. Die sorgfältige Positionierung des Kopfes im Kephalostat erlaubt die reproduzierbare Markierung von Referenzpunkten und ihre Auswertung. Die Weichteile werden mit einem speziellen Aluminiumfilter verbessert dargestellt [52].

Für die röntgenkephalometrische Auswertung werden Bezugspunkte im Bereich der kranofazialen Strukturen bestimmt, die der Konstruktion von Bezugslinien und Ebenen dient. Voraussetzungen für die kephalometrische Auswertung sind eine genaue Definition und gute Reproduzierbarkeit dieser Bezugspunkte, da sie Grundlagen für das weitere metrische Analyseverfahren sind. Die skelettalen und dentoalveolären Referenzpunkte sind anatomische, röntgenologische und konstruierte Punkte. Die Lokalisierbarkeit der Referenzpunkte hängt von der Qualität des Röntgenbildes, von der Dichte der Struktur und von den umgebenden und überlagernden Strukturen sowie von der Erfahrung des Auswerters ab. Unilaterale mediane Bezugspunkte sind genauer zu lokalisieren als bilaterale [52]. Je größer der Fokus-Filmabstand ist, desto geringer sind Verzerrungen. Die geringsten Verzerrungen hat ein Fokus-Filmabstand von 4 m, dieser kann aber meist in der Praxiseinrichtung nicht berücksichtigt werden. Aus diesem Grund müssen Indizes und anguläre Messungen bevorzugt werden, die bei großen linearen Messungen die Verhältnisse von korrespondierenden Messungen angeben. Beim Orthopantomographen lässt sich der Röntgenzentralstrahl nur in der Vertikalen verändern, in der horizontalen und sagittalen Ebene ist er fixiert.

Bei dieser Untersuchung wurden die FRS mit dem Fernröntgengerät Orthopantomograph-Cephalostat (= Orthoceph der Firma Siemens) erstellt. Die Aufnahmespannung betrug 73-77 kV und die Aufnahmestromstärke 15mA. Die Filmkassette der Größe 18*24 wurde in diesem Gerät, 0,18m von der Mediansagittalebene des Kopfes entfernt, eingestellt. Die Aufnahmezeit betrug zwischen 0,5 und 0,64s. Als Röntgenfilm wurde ein Kodak T-MAT6/RA, mit der Verstärkerfolie Kodak Lanex Medium verwendet. Der Brennpunktabstand betrug 1,50m in dieser Ebene. Als Bezugspunkt diente der Porus acusticus externus für die Einstellung des Kopfes. Die Filme wurden vollautomatisch mit dem Gerät Dürr X24 entwickelt.

4.2. Materialerfassung und Datengliederung

Im Rahmen einer Datendigitalisierung in der Poliklinik für Kieferorthopädie der LMU München wurden Patientenakten des Zentralarchivs und der Ambulanz verwendet. Hierbei wurden von Patientenakten in einer Gruppe aus vier Personen FRS-Röntgenbilder und Polaroidaufnahmen unter reprografischen Bedingungen eingescannt und digital archiviert. Dabei wurden mit der Digitalkamera Canon EOS 5D Digital und einem Copylizer mit Tageslichtquelle der Firma Kaiser Reprographien angefertigt. Die metrische Genauigkeit wurde vorher geprüft. Mit dem Computerprogramm Adobe Creative Suite Premium 2.0 (Photoshop) wurden die FRS-Aufnahmen auf die Größe 17x13cm zu 300dpi in Graustufen, mit Farbausgleich sowie Korrektur von Schärfe und Tonwert standardisiert bearbeitet und digitalisiert abgespeichert. Insgesamt wurden **1536** Patientenakten digitalisiert, so dass hiervon **5995** Röntgenbilder und **6266** Polaroidbilder abfotografiert und katalogisiert wurden. Die Datensammlung setzt sich wie folgt zusammen:

Chirurgie:	706 Patienten	2743 FRS	2754 Polaroidbilder
Bionator:	309 Patienten	857 FRS	743 Polaroidbilder
Headgear:	33 Patienten	143 FRS	178 Polaroidbilder
Multiband:	488 Patienten	2252 FRS	2591 Polaroidbilder
Insgesamt:	1536 Patienten	5995 FRS	6266 Polaroidbilder

Bei der Datenverarbeitung für die vorliegende Untersuchung wurden die chirurgischen Fälle ausgeschlossen. Alle digitalen Polaroidaufnahmen wurden nicht weiter verwendet. Nach Sichtung der Patientendaten wurden bestimmte Fälle nach den Kriterien wie Wachstumsanomalien, nicht auswertbarer Bildqualität und fehlendem Maßstab auf den einzelnen FRS aussortiert. Somit wurden folgende Unterlagen für die vorliegende Studie herangezogen:

Bionator:	216 Patienten	751 FRS
Headgear:	33 Patienten	143 FRS
Multiband:	486 Patienten	2241 FRS
Insgesamt:	735 Patienten	3135 FRS

4.3. Patientenguteinteilung und Gruppenbildung

In mehreren Studien zur Wirkung des Headgears im vergangenen Jahrhundert unter anderem von KLOEHN, RICKETTS, WIESLÄNDER, ÜLGEN und JONAS wurde ein Zusammenhang zwischen skelettaler Wachstumshemmung und Headgearbehandlung festgestellt [51,58, 91,111,117,118]. Demzufolge wurde in der folgenden Untersuchung zwischen Headgearpatienten und skelettal unbeeinflussten Wachstumspatienten unterschieden. Bei den Wachstumspatienten handelt es sich um Multibandpatienten, die individuell und unterschiedlich lange therapiert wurden und eine skelettale Beeinflussung nach VAN DER LINDEN nicht zu erwarten war [113]. Bei den Headgearpatienten wurde weiter in ein zervikales, vertikales und ein kombiniertes Gerät unterteilt. Somit ergeben sich nun folgende drei Gruppen:

Wachstumsgruppe:	702	Patienten	2992 FRS	1376 m	1616 w
Headgeargruppe:	33	Patienten	143 FRS	15 m	18 w
Vergleichsgruppe:	40	Patienten	228 FRS	20 m	20 w

Diese Gruppen beinhalten vorwiegend jugendliches Patientengut abgeschlossener behandelter Patienten aus vergangenen Jahren, und das der aktuellen Patienten der laufenden Ambulanz und Privatambulanz bis zum Dezember 2006. Bei den Patienten wurde durchschnittlich jedes Jahr, ab Behandlungsbeginn mit etwa 10 - 12 Jahren, ca. 4 – 5 FRS angefertigt und somit die Hauptwachstumszeit erfasst. Im Folgenden wurde nun das Oberkieferwachstum in kranialer, dorsaler und kaudaler Wachstumsrichtung untersucht. Dabei wurde bei **702** Patienten das allgemeine Wachstum untersucht.

In einer speziellen Headgearuntersuchung wurden **33** Patienten, die sich aus **18** weiblichen und **15** männlichen Patienten zusammensetzt, analysiert. Es wurde Sorge getragen, dass die Patienten ihren Headgear mindestens 8 – 12 h täglich im Schlaf über einen Zeitraum von mindestens 14 Monaten getragen haben. Dies wurde durch Nachfragen überprüft. Sie besaßen alle eine Klasse II Anomalie, mit einem basal-sagittal distalen Trend, mit unterschiedlichem Ausprägungsgrad. Die Mandibula war mehrheitlich retrognath entwickelt, und der Interbasalwinkel war oft offen oder stark offen. Um eine Aussage zur Wachstumsbeeinflussung machen zu können, wurde eine Vergleichsgruppe aus **40** Patienten zu je **20** weiblichen und **20** männlichen Patienten gebildet. Diese Gruppe wurde aus der allgemeinen Wachstumsgruppe mit **702** Patienten entnommen. Sie stellt ein Vergleichsgut mit ähnlicher Entwicklungsanomalie dar, welches aber nicht mit einem Headgear, sondern anderweitig behandelt wurde. Hierbei besitzen die Patienten ebenfalls eine Klasse II Anomalie mit einem basal-sagittal distalen Trend, von einer Tendenz bis zu einer starken Ausprägung. Die

Mandibula ist retrognath entwickelt, die Maxilla gelegentlich prognath. Zudem ist der Interbasalwinkel offen oder stark offen. Somit ergeben sich 2 Untersuchungen:

1. Untersuchung: Allgemeines OK-Wachstum **702** Patienten

2. Untersuchung: OK-Wachstum mit Headgear **33** Patienten HG - **40** Patienten VG

Zuerst wurde in einer allgemeinen Studie das Wachstum der Patienten mit den verschiedenen Arten des Headgears (HG) der Vergleichsgruppe (VG) gegenüber gestellt. Anschließend wurden Patienten mit zervikalen HG mit der VG verglichen und schließlich die Patienten mit vertikal-zervikalen HG der VG gegenübergestellt. In dieser Auswertung wurden Patienten mit vertikalen und vertikal-zervikalen HG aufgrund der geringen Patientenzahl zusammengefasst. Daraus wurde die zweite Untersuchung wie folgt gegliedert:

2.1. allg HG-VG: **33** HG-Patienten **143** FRS - **40** VG-Patienten **228** FRS

2.2. ver HG-VG: **23** HG-Patienten **98** FRS - **40** VG-Patienten **228** FRS

2.3. verzer HG-VG: **10** HG-Patienten **45** FRS - **40** VG-Patienten **228** FRS

4.4. Methode der Bearbeitung und Programmierung

Die FRS der Uniklinik München wurden standardisiert mit Einbelichtung eines Maßstabes aufgenommen, so dass eine auch metrisch relativ genaue kephalometrische Auswertung erfolgen kann. Diese ist mit dem Programm DiagnoseFix KFO Version 4.2005 von der Firma Diagnostik Wingberg auf einem PC mit 1,24 GHz AMD Prozessor und 256 MB RAM Arbeitsspeicher mit dem Betriebssystem Windows XP durchgeführt worden. Hierbei wurden die Daten wiederum in einer Gruppe aus drei Personen gemeinsam im Zeitraum von Dezember 2006 bis März 2008 ausgewertet. Die Anzahl der FRS ist auf die Mitglieder der Gruppe zu gleichen Teilen aufgeteilt und bearbeitet worden. Dazu ist festzustellen, dass die Headgearpatienten und die Vergleichsgruppe allein von einer Person ausgewertet worden sind. Zur Sicherung der Gleichwertigkeit wurden zuvor Testauswertungen und Trainingseinheiten durchgeführt und miteinander verglichen, um Abweichungen zu vermeiden. Bei der Auswertung sind erneut die FRS einzeln katalogisiert und archiviert worden. Hierbei ist festzuhalten, dass bei der manuellen Analyse sich weitaus mehr Fehlermöglichkeiten ergeben, als bei der Computer gestützten [8]. So können Fehler beim Durchzeichnen, bei der manuellen Messung und Datenübertragung vermieden oder minimiert werden.

Zur Beginn der Auswertung wurde für das Programm eine Auswertungsmethode bearbeitet. Hierbei ist als Grundlage die Auswertung nach Segner-Hasund [100], modifiziert nach der Münchner Schule, verwendet worden, der noch einige individuelle Markierungspunkte

hinzugefügt worden sind. Diese zusätzlichen Markierungspunkte waren für die Ausarbeitung der einzelnen Untersuchungsgebiete der Arbeitsgruppe notwendig, die gemeinsam die Datenbearbeitung durchführte.

Unter der Benutzeroberfläche von DiagnoseFix wurde unter „Methoden“ unter „Neu“ eine neue Analysemethode mit dem Namen: „FRS-Wingbergdiss“ eingegeben. Als Grundlage diente die im Programm bereits integrierte „FRS-Wingberg“ Methode. Zu dieser sind hierbei noch einzelne Eingabepunkte, unter „Methode definieren/ändern“, weitere „Eingabepunkte“ hinzugefügt worden. Dies waren Halswirbelpunkte und Weichteilpunkte. Für die Oberkieferauswertung ist der Eingabepunkt „Prosthion“ hinzugefügt worden. Dabei erhielt jeder Punkt eine definierte Nummer und Beschriftung. Unter „Hilfspunkte“ sind Lotstrecken für Punkte und Verbindungsstrecken definiert worden.

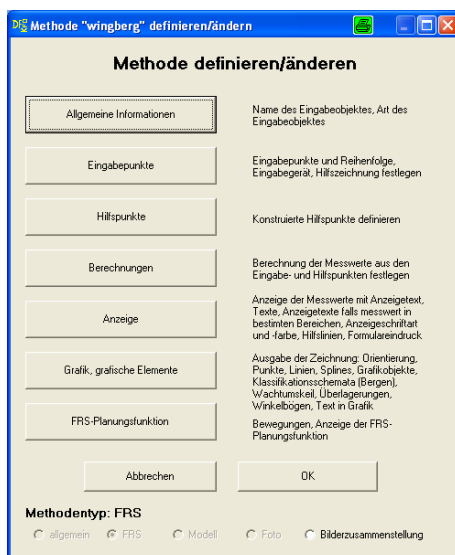


Abb. 31: Fenster: „Methode definieren / ändern“ (aus: WINGBERG [151])

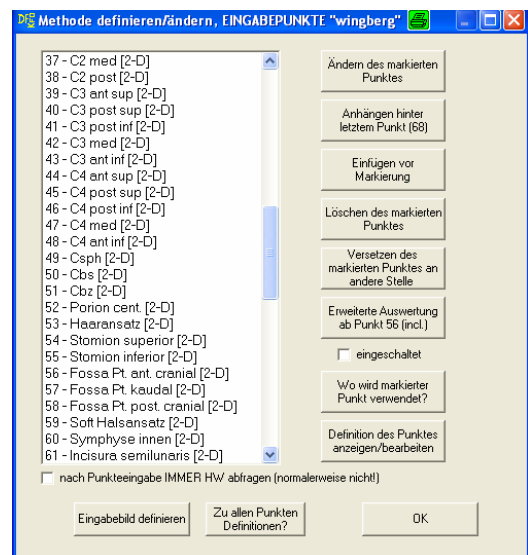


Abb. 32: Fenster: „Eingabepunkte“ (aus: WINGBERG [151])

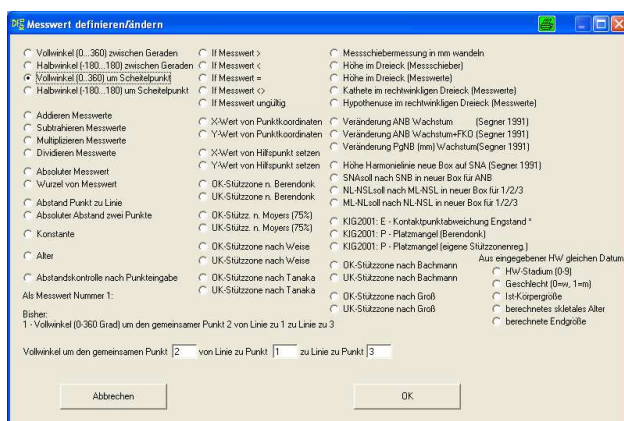
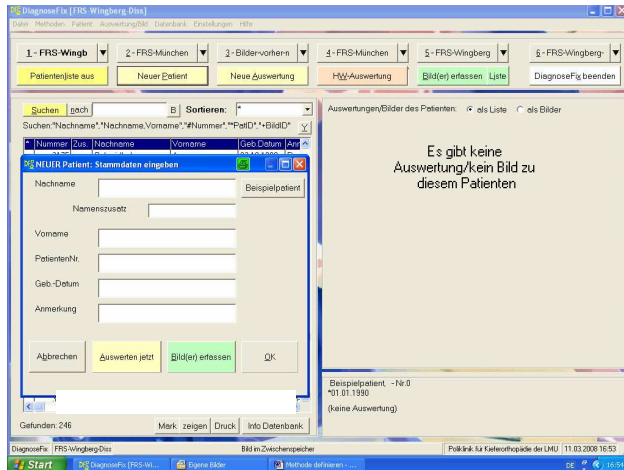


Abb. 33: Fenster: „Messwerte definieren / ändern“ (aus: WINGBERG [151])

Unter „Berechnungen“ wurden dann anhand der X/Y Koordinaten, Längen- und Abstandsmessung in 0,1mm und Winkelberechnung in Gradangaben programmiert. Hierbei sind unter „Messwert definieren/ändern“ die Berechnungen definiert worden, wobei jede einzelne eine eindeutige Nummerierung erhielt.

4.5. Methode der kephalometrischen Auswertung digitaler FRS

Bei dem Programm Diagnosefix wurden zunächst die Stammdaten der jeweiligen Patienten mit Geburtsdatum unter „Neuer Patient“ eingegeben. Dann sind manuell im Datenarchiv anhand der Polaroidbilder die Reihenfolge der FRS, die Befunde und Aufnahmezeiten



bestimmt und notiert werden. Danach konnte unter „Neue Auswertung“ nach Eingabe des Aufnahmezeitpunkts und Befundes ein FRS aus dem Archiv geöffnet und bearbeitet werden. Nach Abschluss der Auswertung wurde dieses Bild erneut unter Patientennamen, Aufnahmezeitpunkt und dazugehörigen Befund in eine interne Datei des Programms Diagnosefix abgespeichert.

Abb. 34: Fenster: „Stammdaten eingeben“ (aus: WINGBERG [151])

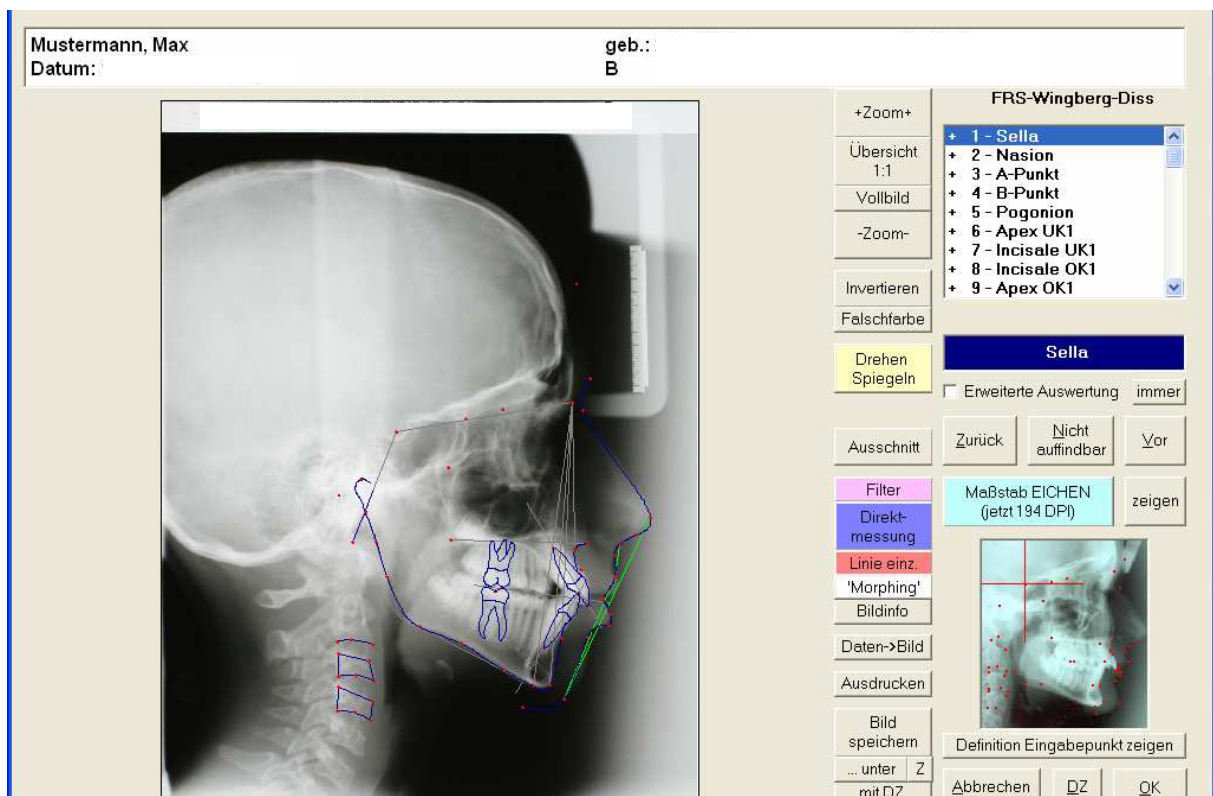


Abb. 35: Bearbeitungsoberfläche (aus: WINGBERG [151])

Unter der Bearbeitungsoberfläche wurden die Referenzpunkte nach einer Definition im rechten oberen Fenster eingegeben. Die Oberfläche bietet diverse Hilfen der Bildbearbeitung, wie etwa Falschfarben, Helligkeits- und Kontraständerungen und Vergrößerungen zum

exakten Auffinden der Markierungspunkte. Insgesamt wurden von der Gruppe **172 425** Markierungspunkte gesetzt, die sich aus **55** Referenzpunkten zusammensetzen. Nach Abschluss der Eingabe sind vom Programm Diagnosefix anschließend die Werte berechnet worden. Diese wurden digital exportiert.

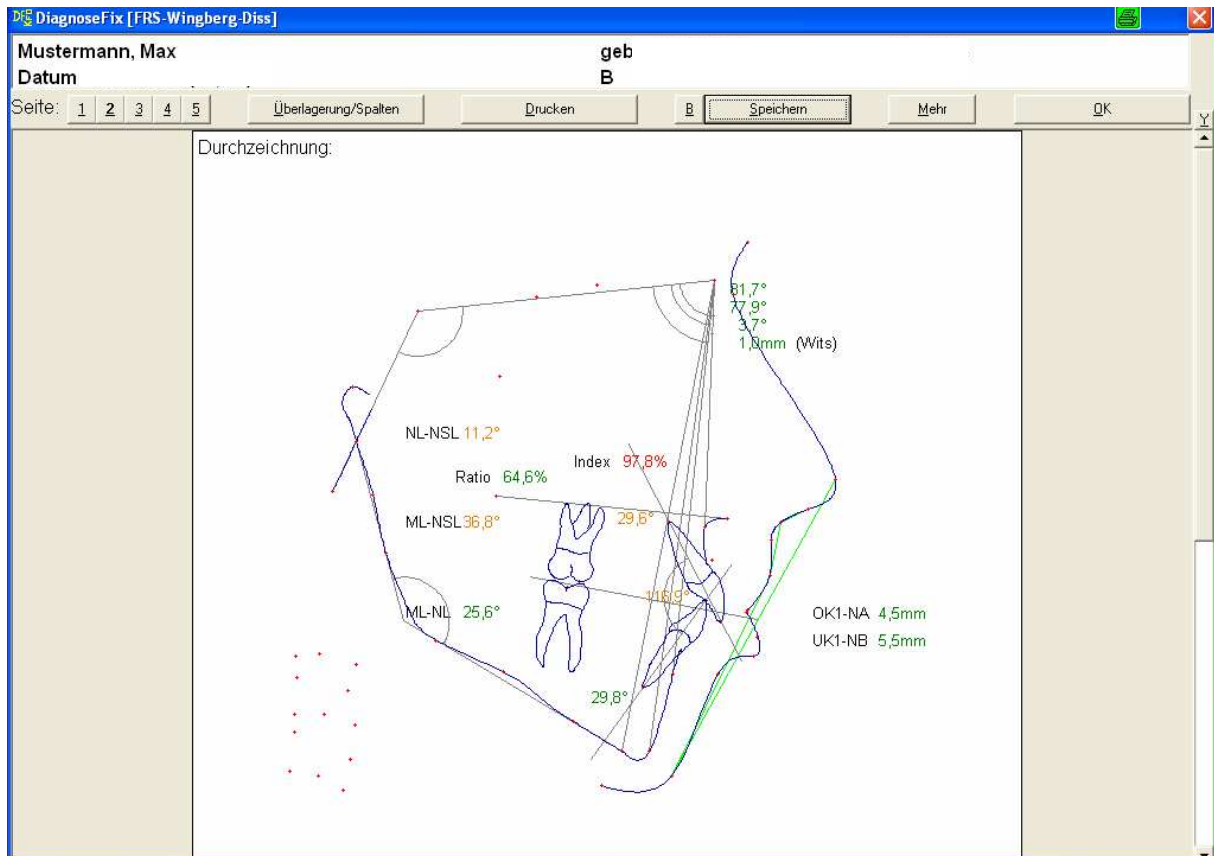


Abb. 36: FRS-Auswertung-Durchzeichnung (aus: WINGBERG [151])

DiagnoseFix [FRS-Wingberg-Diss]			
Mustermann, Max		geb	
Datum		B	
Seite:	1 2 3 4 5	Überlagerung/Spalten	Drucken
		B	Speichern
		Mehr	OK
1 S-N	64,7mm	66,8mm	69,8mm
2 Pm-Sp	49,9mm	51,8mm	53,7mm
3 Pm-A	45,6mm	47,1mm	49,6mm
4 Pm-Pr	47,8mm	50,4mm	53,0mm
5 A-Pr	5,9mm	7,7mm	8,6mm
6 S-Pm	39,4mm	45,1mm	47,6mm
7 N-A	50,7mm	55,3mm	60,3mm
8 Sp-A	5,0mm	5,4mm	5,5mm
9 Sp-Pr	8,5mm	10,1mm	12,0mm
10 Pm-N	63,4mm	68,8mm	72,3mm
1 S Lot/Pm-N	37,8mm	41,9mm	44,1mm
2 A Lot/Pm-N	36,1mm	37,6mm	40,9mm
3 A Lot/Pm-Pr	5,3mm	6,7mm	7,6mm
4 Pr Lot/Pm-Sp	8,0mm	9,8mm	11,9mm
1 SNA	81,2°	81,7°	81,8°
2 NL-NSL	13,6°	11,2°	12,4°
3 PmSN	70,4°	73,0°	73,2°
4 APmS	126,2°	121,2°	123,2°
5 NAPm	82,2°	84,1°	81,7°
6 PrPmA	6,6°	8,2°	8,8°
7 APmPr	64,2°	60,5°	62,0°
8 PmAPr	9,6°	11,2°	12,9°
9 PrPmSp	9,6°	11,2°	12,9°
10 SpPrPm	99,6°	92,6°	86,6°
11 PmSpPr	70,8°	76,2°	80,5°
1 Cbs-Csph	18,1mm	19,6mm	18,6mm
2 Csph-Cbz	28,1°	30,0°	32,7°
3 Cbz-Cbs	11,9mm	14,0mm	17,0mm
4 S-N	64,7mm	66,8mm	69,8mm
5 S-C	28,4mm	28,5mm	28,5mm
1 CSN	12,7°	9,9°	9,0°
Nasofrontalwinkel	88,0°	107,8°	92,4°
Nasomentalwinkel	123,2°	120,0°	117,9°
Nasofazialwinkel	42,3°	42,0°	43,4°
Kreissektor 1	-----	20,1°	23,1°
Kreissektor 2	24,9°	25,6°	27,7°
Kreissektor 3	35,9°	38,0°	36,7°
Nasenspitze - Porion	109,1mm	117,7mm	126,9mm

Abb. 37: FRS-Auswertung - Oberkiefer spezifisch (aus: WINGBERG [151])

4.6. Methodik der Oberkieferveränderungsanalyse

Für die Veränderungsanalyse wurden folgende Referenzpunkte benötigt:

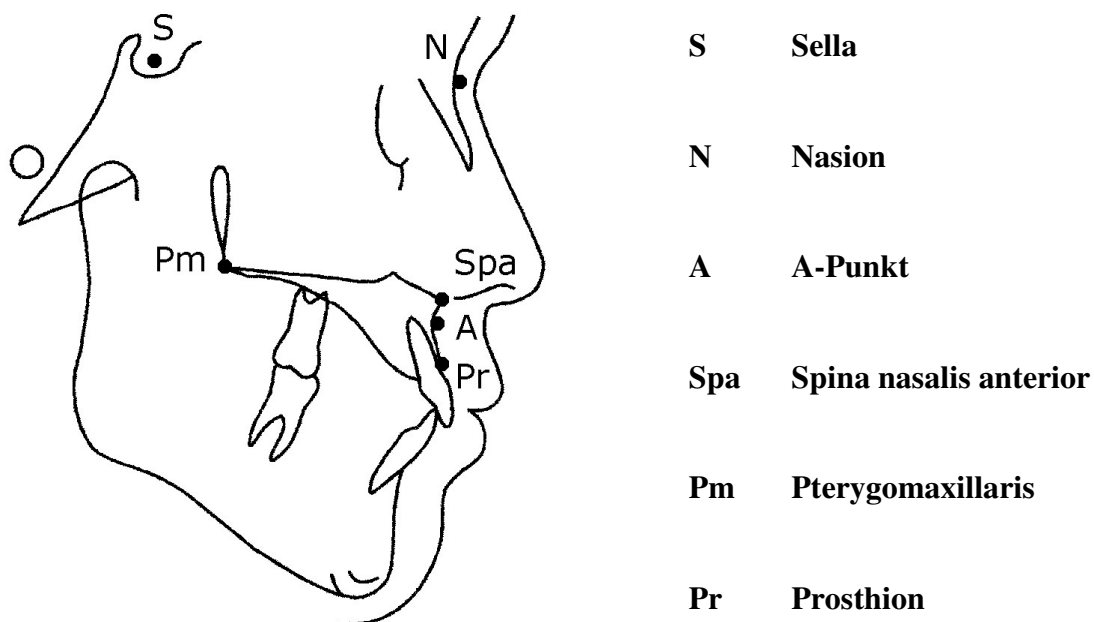


Abb. 38: Kephalometrische Referenzpunkte

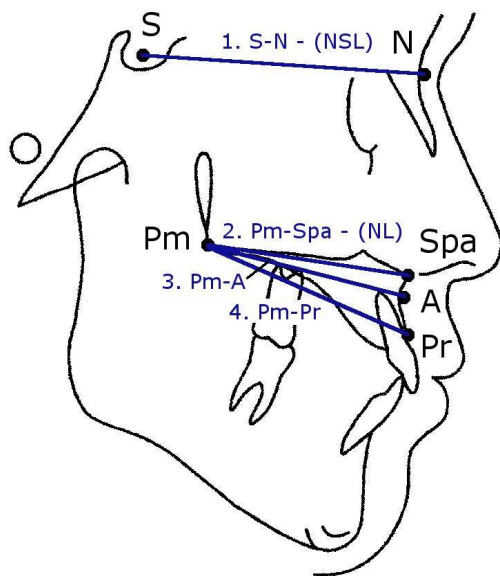


Abb. 39: Horizontale Strecken

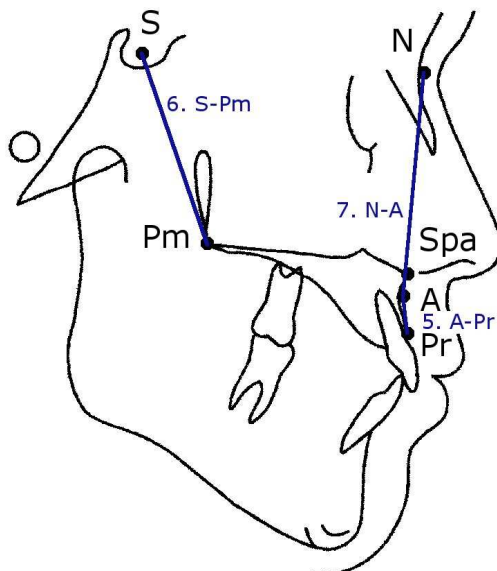


Abb. 40: Vertikale Strecken 1

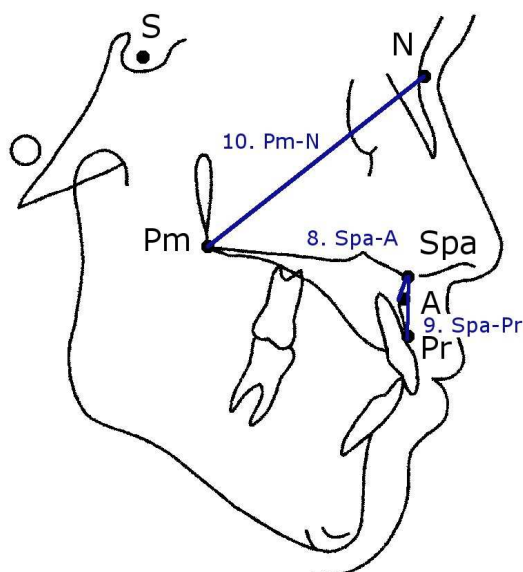


Abb.41: Vertikale Strecken 2

Daraus wurden folgende Strecken unter Diagnosefix programmiert:

Horizontale Strecken:

1. **S-N (NSL)**
Schädelbasislinie.
Sie charakterisiert die anteriore Schädelbasis, die kranial vor dem Gesichtsschädel liegt.

2. **Pm-Spa (NL)**
Nasallinie. Sie charakterisiert die Oberkieferbasis.

3. **Pm-A**

4. **Pm-Pr**

Vertikale Strecken:

5. **A-Pr**

6. **S-Pm**

7. **N-A**

Nasion-Maxillallinie.

Sie charakterisiert die ventrale Begrenzung des zahntragenden Oberkieferknochens.

8. **Spa-A**

9. **Spa-Pr**

10. **Pm-N**

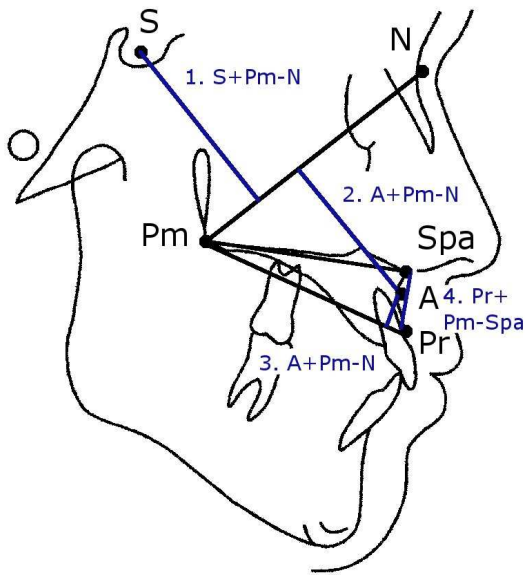


Abb. 42: Vertikale Lote

Vertikale Lote:

1. S auf Pm-N
2. A auf Pm-N
3. A auf Pm-Pr
4. Pr auf Pm-Spa

Folgende Winkel wurden zur Analyse benötigt:

Winkel:

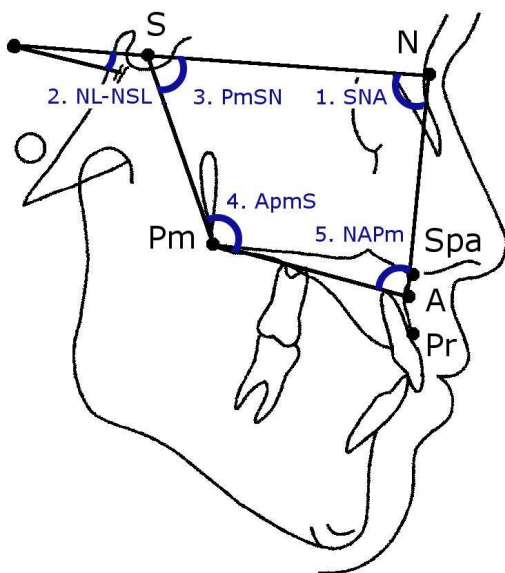


Abb. 43: Winkel 1

1. **SNA** Prognathiegradwinkel der Maxilla.
Er ist Ausdruck der anterioren-posterioren Position des A-Punktes in Relation zur anterioren Schädelbasis in Form von S-N (NSL).
2. **Pm-Spa < S-N (NL-NSL)**
Konstruierter Winkel.
Inklinationswinkel der Maxilla.
Er drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die vordere Schädelbasis aus;
3. **PmSN**
4. **APmS**
5. **NAPm**

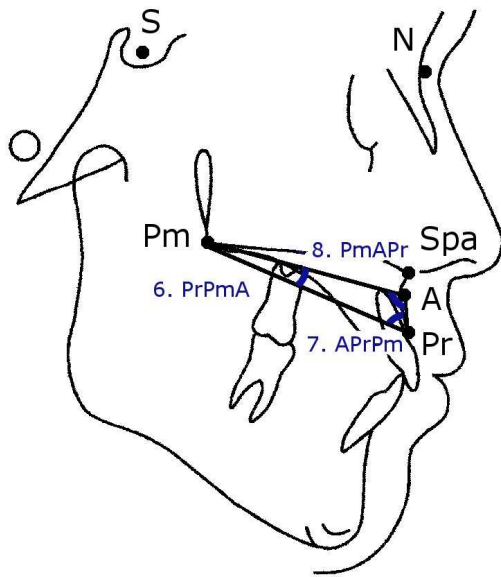


Abb. 44: Winkel 2

- 6. PrPmA
- 7. PmAPr
- 8. PmAPr

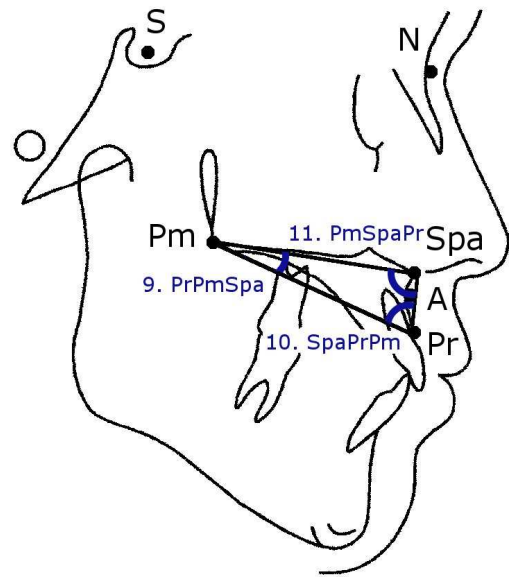


Abb. 45: Winkel 3

- 9. PrPmSpa
- 10. SpaPrPm
- 11. PmSpaPr

Das gesamte Oberkieferwachstum findet in drei Hauptrichtungen nach kranial, dorsal und in Richtung des Alveolarfortsatzes statt. Für die folgende Untersuchung wurde diese Einteilung beibehalten. Es sind für jede Wachstumsrichtung die adäquaten Strecken und Winkel betrachtet worden, wobei es hierbei zu Überschneidungen gekommen ist.

1. Kraniale Wachstumsrichtung und Rotation an der Sella-Nasion-Linie (S-N):

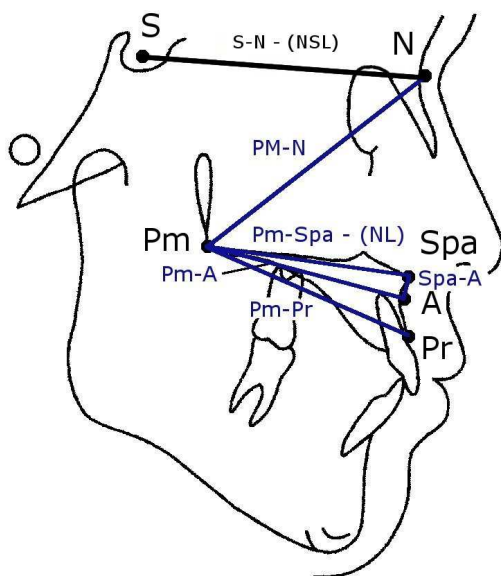


Abb. 46: Strecken zur Beurteilung des kranialen Wachstums

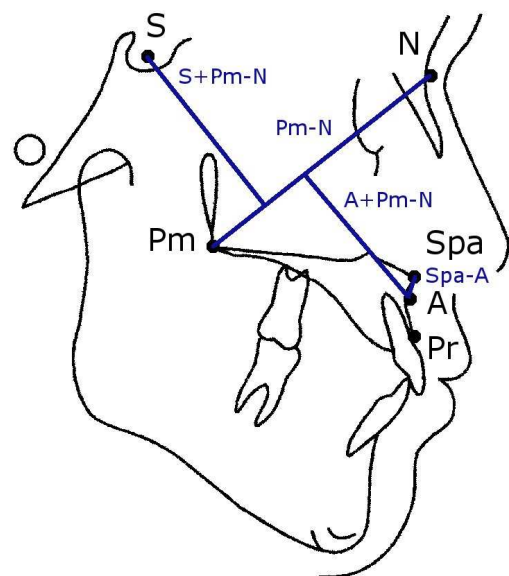


Abb. 47: Strecken und Lote zur Beurteilung des kranialen Wachstums

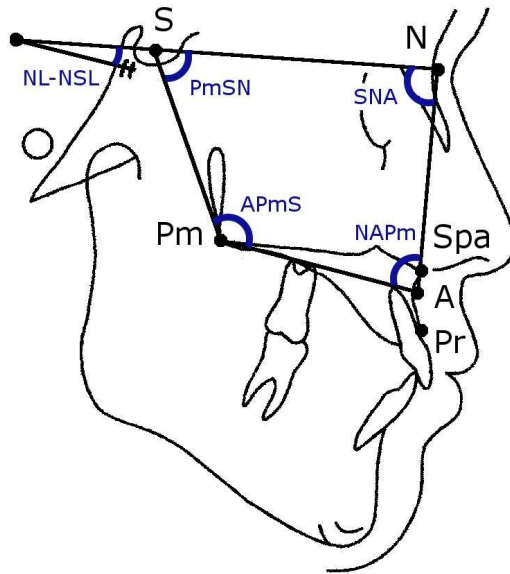


Abb. 48: Winkel zur Beurteilung des kranialen Wachstums.

2. Wachstumsrichtung nach dorsal:

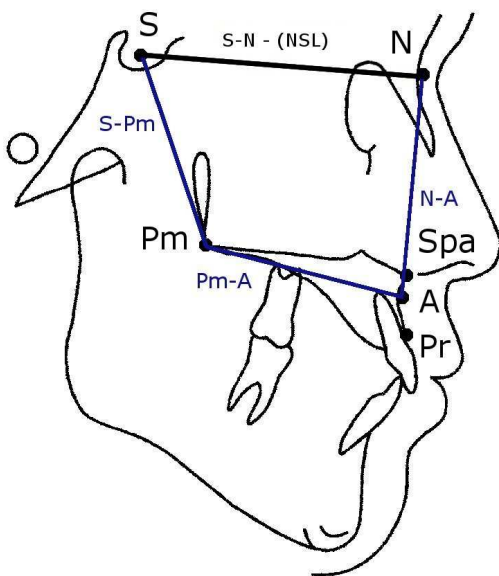


Abb. 49: Strecken zur Beurteilung des Wachstums nach dorsal

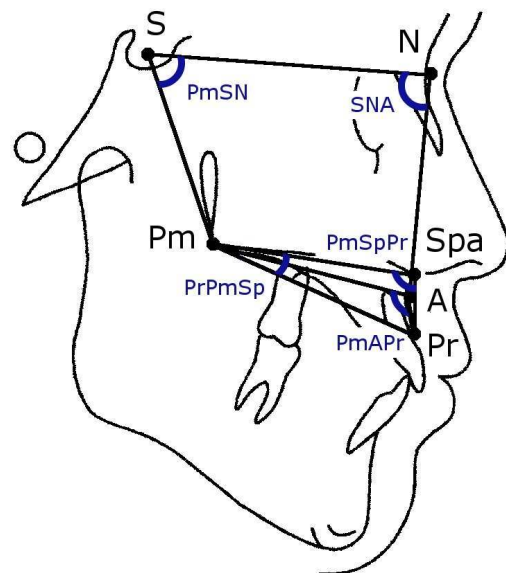


Abb. 50: Winkel zur Beurteilung des Wachstums nach dorsal

3. Wachstum nach kaudal am Alveolarfortsatz:

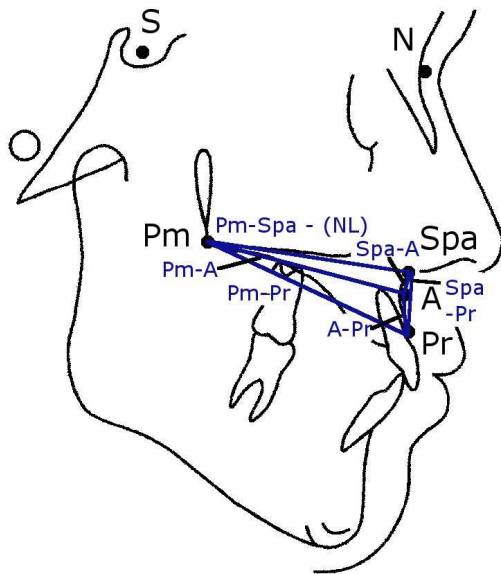


Abb. 51: Strecken zur Beurteilung des Wachstums nach kaudal

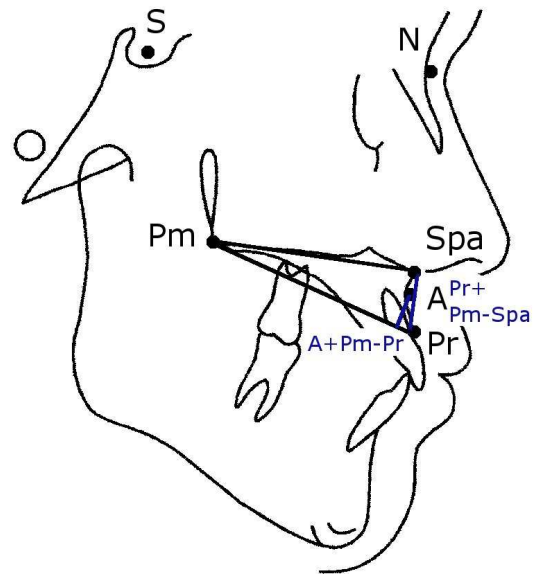


Abb. 52: Lote zur Beurteilung des Wachstums nach kaudal

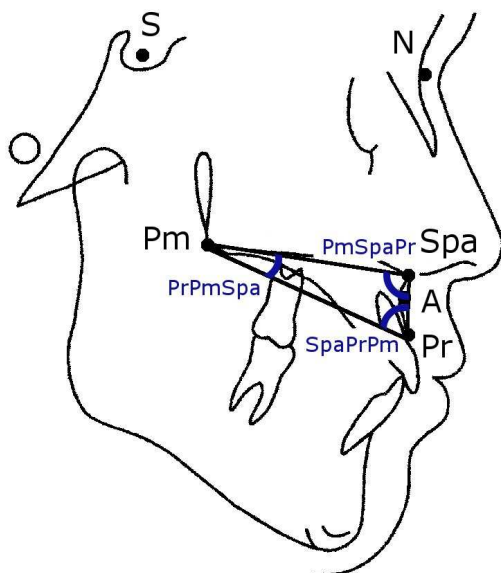


Abb. 53: Winkel zur Beurteilung des Wachstums nach kaudal 1

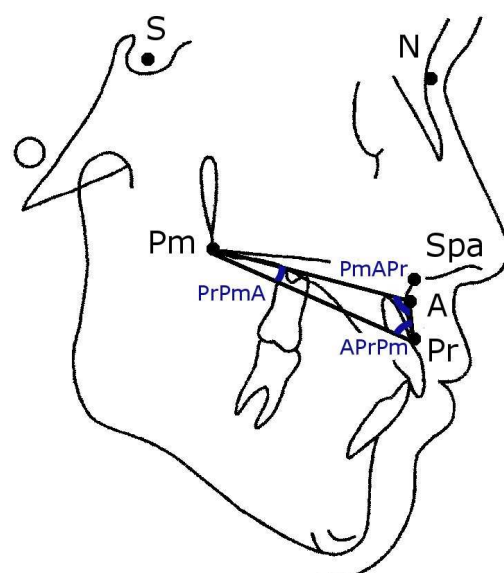


Abb. 54: Winkel zur Beurteilung des Wachstums nach kaudal 2

4. 7. Statistische Auswertung und mathematische Berechnungsgrundlagen

Die Werte aus DiagnoseFix Version 4.2005 wurden als ascii-Datei in Microsoft Excel Version 2007 importiert. Mit Hilfe des Programms R Version 2. 9. 0. wurde anschließend die statistische Auswertung in einer retrospektiven Querschnittsstudie durchgeführt.

Bei der allgemeinen Wachstumsuntersuchung von 702 Patienten und 2992 FRS, handelt es sich um Patienten, die mit Apparaturen behandelt wurden, denen keine skelettale Beeinflussung in der Literatur postuliert wurde. Aufgrund der Größe der bearbeiteten Gruppe ist eine Normalverteilung zu Grunde gelegt worden. Nach Carl Friedrich Gauß wurde folgende Formel verwendet: $f(x) = e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}/\sqrt{2\pi}\sigma$. Hierbei ist nach männlichen und weiblichen Patienten in Halbjahresgruppen unterschieden und die jeweilige Standardabweichung (σ) angegeben worden.

Die zweite Untersuchung vergleicht das Oberkieferwachstum einer Headgeargruppe aus 33 Patienten und 228 FRS mit einer nicht skelettal beeinflussten Vergleichsgruppe zu 40 Patienten und 143 FRS in einer Querschnittsuntersuchung. Eine Unterscheidung zwischen männlichen und weiblichen Patienten wurde aufgrund der geringen Untersuchungsmenge unterlassen. Hierbei wäre die Aussagekraft verloren gegangen, da die einzelnen Headgeararten noch weiter unterteilt worden sind, um ihre spezifische Wirkung, die hierbei wichtiger erscheint, einzeln darzustellen. In der ersten Analyse wurde allgemein zwischen Headgearpatienten und Vergleichspatienten im halbjährlichen Abstand mit ihrer jeweiligen Standardabweichung unterschieden. Auch hier ist eine normalverteilte Grundgesamtheit angenommen worden. Im weiteren Verlauf sind daher parametrische Tests verwendet worden.

Bei den Studien zwischen zervikalen Headgear und der Vergleichsgruppe und vertikal/vertikal-zervikalen Headgear und der Vergleichsgruppe wurden vorher ein t - Test für zwei unverbundene Stichproben mit nicht notwendig gleicher Varianz (sog. Welch-Test $t = \bar{x} - \bar{y} / \sqrt{s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2}$ und ein u-Test (sog. Wilcoxon-Test $U_1 = n_1 * n_2 + n_1(n_1 + 1) / 2 - R_1$) durchgeführt. Der t-Test ist ein Mittelwertsvergleich von 2 Gruppen, der die Konstanz zweier Mittelwerte vergleicht. Beim u-Test wird untersucht, ob die Werte zweier Gruppen in ihrer Größe variieren. Man bezeichnet ihn auch als Homogenitätstest, der die Signifikanz zweier Verteilungen überprüft. Hierbei wurden die t-, df- und p-Werte sowie die Werte für die Alternativhypothese angegeben. Der p-Wert muss bei statistischer Signifikanz unter 0,05 liegen. Der Signifikanztest sagt aus, ob die Nullhypothese verworfen werden kann oder nicht [115]. Zur graphischen Darstellung wurden Scatterplots mit einseitigem Fehlerbalken gewählt. Punkte und Kreise entsprechen dem Mittelwert, der Fehlerbalken der Standardabweichung.

5. Ergebnisse

5.1. Allgemeine Oberkieferveränderung

Tab. 1: FRS-Patientenverteilung im Altersdurchschnitt

Alter (Jahre)	Pat: 702	2992FRS	m1376	w1616				
<u>Min</u>	<u>1. Quartil</u>	<u>Median</u>	<u>Mean</u>	<u>3. Quartil</u>	<u>Max</u>	<u>sd</u>	<u>se</u>	<u>m/w</u>
2,60	11,00	13,20	13,57	15,40	60,40	4,381	0,073	0,812

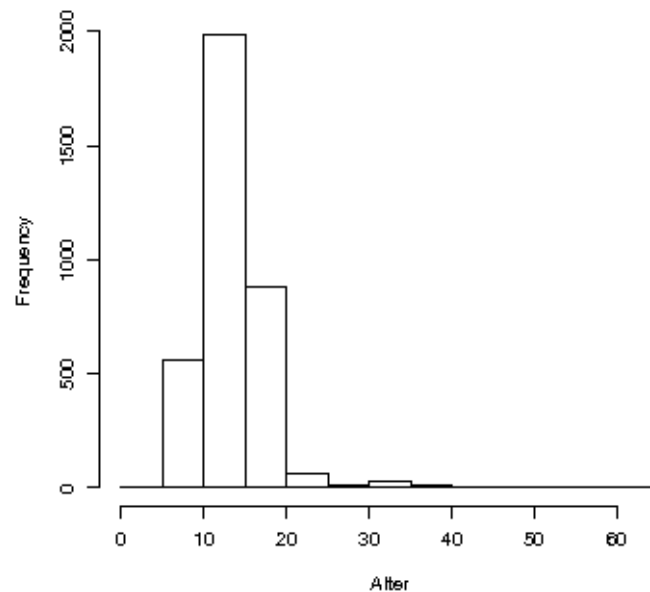
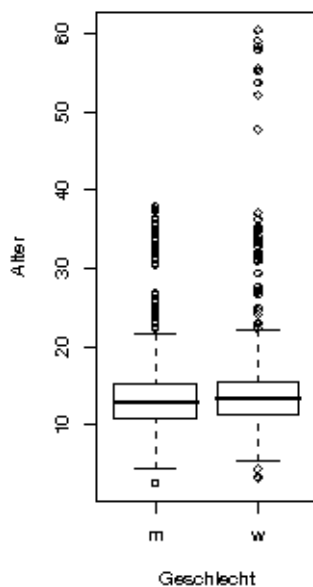
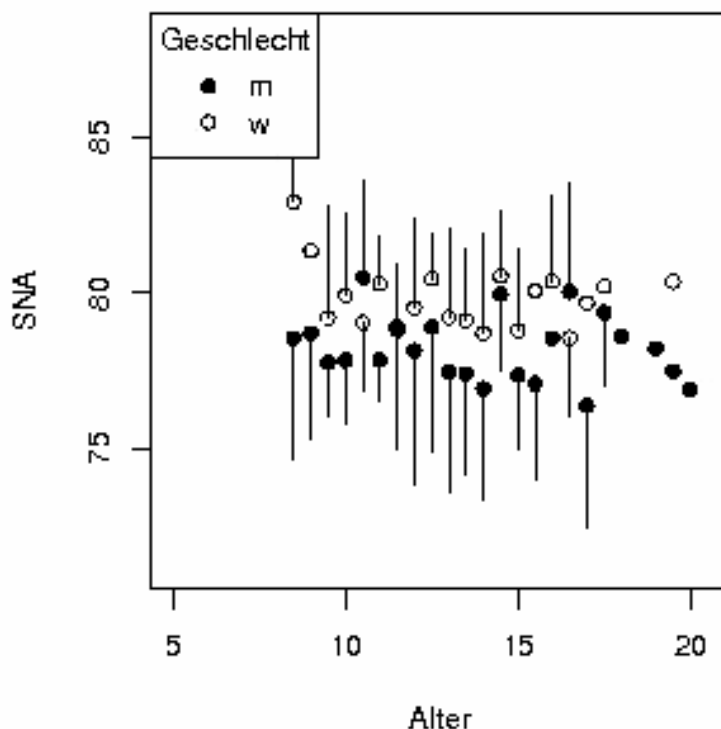


Abb. 55: Geschlechterverteilung

Abb. 56: Häufigkeitsverteilung

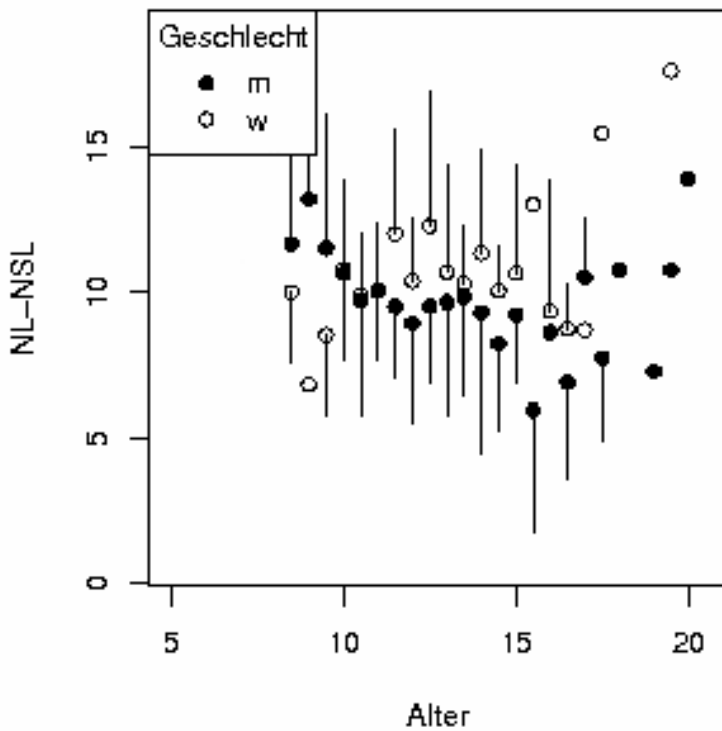
Insgesamt wurden **702** Patienten im durchschnittlichen Alter von **13,57 Jahren** zum Zeitpunkt der Anfertigung des jeweiligen FRS untersucht.



SNA Winkel zwischen Sella und A-Punkt, der den Prognathiegrad der Maxilla beschreibt.

Der durchschnittliche Winkel SNA ist bei Mädchen um ca. 1° größer als bei gleichaltrigen Jungen. Dieser Unterschied steigert sich tendenziell im Jugendalter noch.

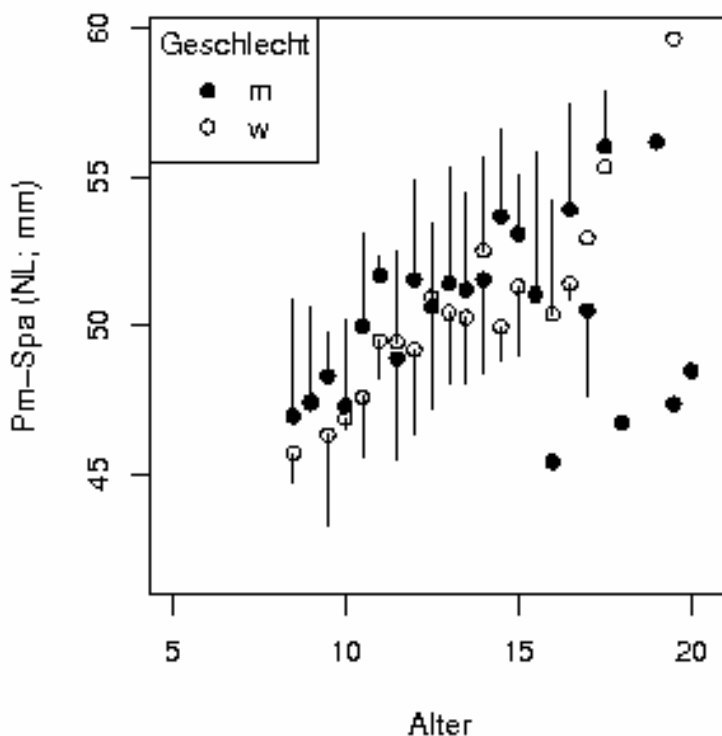
Abb. 57: Allgemeine Veränderung – Winkel: SNA ($^\circ$)



NL-NSL Inklinationswinkel der Maxilla. Er drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die vordere Schädelbasis aus.

Bis etwa 12 Jahren ist der Winkel **NS-NSL** bei Jungen größer, dann überholen die Mädchen die eher persistierenden Jungen.

Abb. 58: Allgemeine Veränderung – Winkel: NS-NSL (°)



Pm-Spa (NL) Nasallinie. Sie charakterisiert die Oberkieferbasis zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Spa (Spina nasalis anterior).

Die Werte der Strecke **Pm-Spa (NL)** sind bei Jungen um etwa 1mm größer, bei gleichmäßigem Anstieg in beiden Geschlechtern.

Abb. 59: Allgemeine Veränderung – Strecke: Pm-Spa (NL; mm)

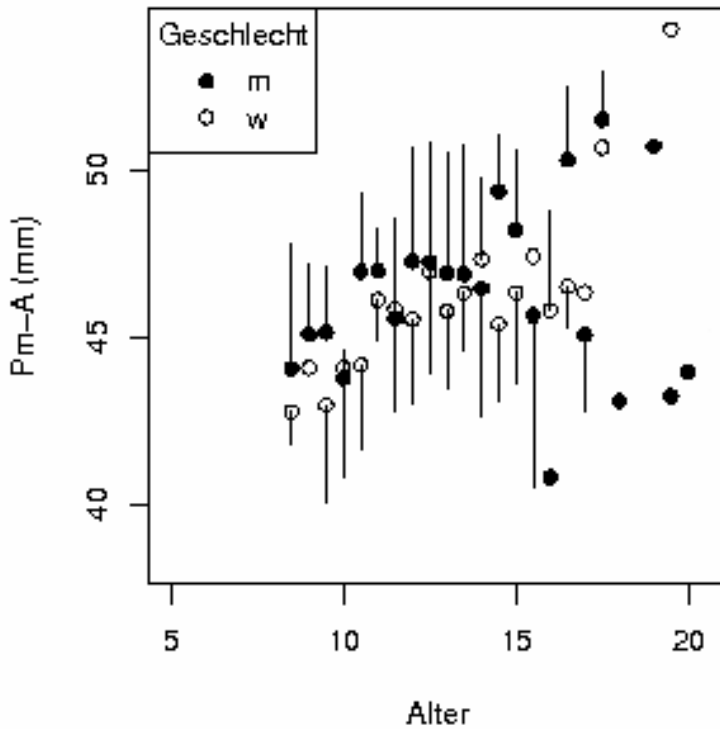


Abb. 60: Allgemeine Veränderung – Strecke: Pm-A (mm)

Pm-A Strecke zwischen dem A-Punkt und dem Punkt Pm (Pterygomaxillaris).

Die Strecke **Pm-A** zeigt bei beiden Geschlechtern eine Vergrößerung, wobei die Jungen höhere Werte aufweisen. Ab etwa 12 Jahren zeigen die Mädchen tendenziell persistierende Werte.

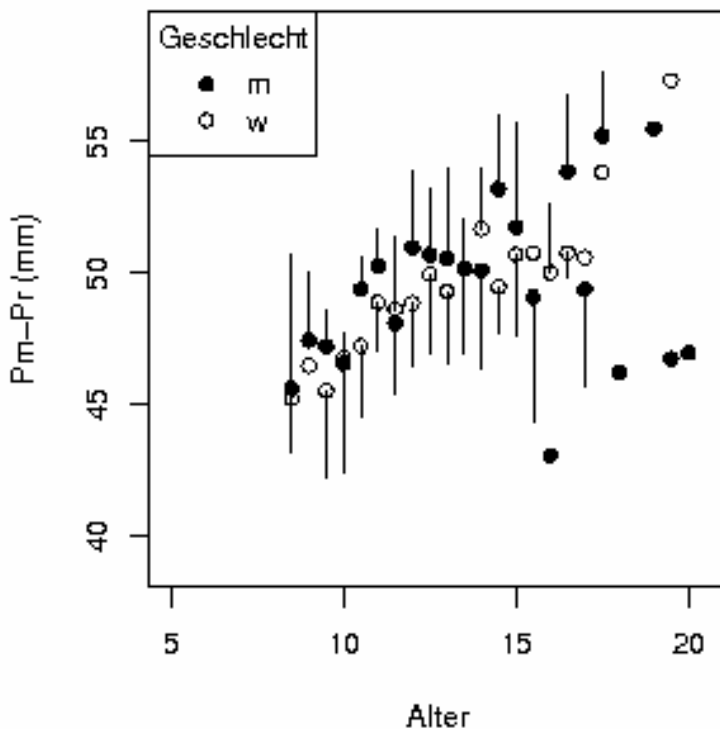


Abb. 61: Allgemeine Veränderung – Strecke: Pm-Pr (mm)

Pm-Pr Strecke zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Pr (Prosthion).

Auch hier haben die Jungen größere Werte der Strecke **Pm-Pr**.

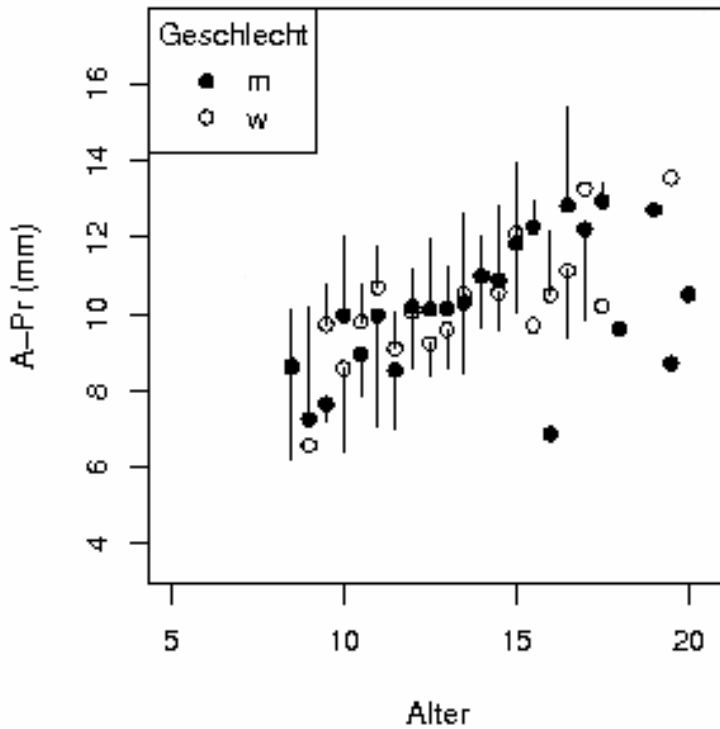


Abb. 62: Allgemeine Veränderung – Strecke: A-Pr (mm)

A-Pr Strecke zwischen dem A-Punkt und dem Punkt Pr (Prosthion).

Es zeigt sich eine allgemein konstante Zunahme der Strecke **A-Pr** von etwa 2,5 bis 3mm zwischen 12 und 15 Jahren, sowohl von den Jungen als auch von den Mädchen.

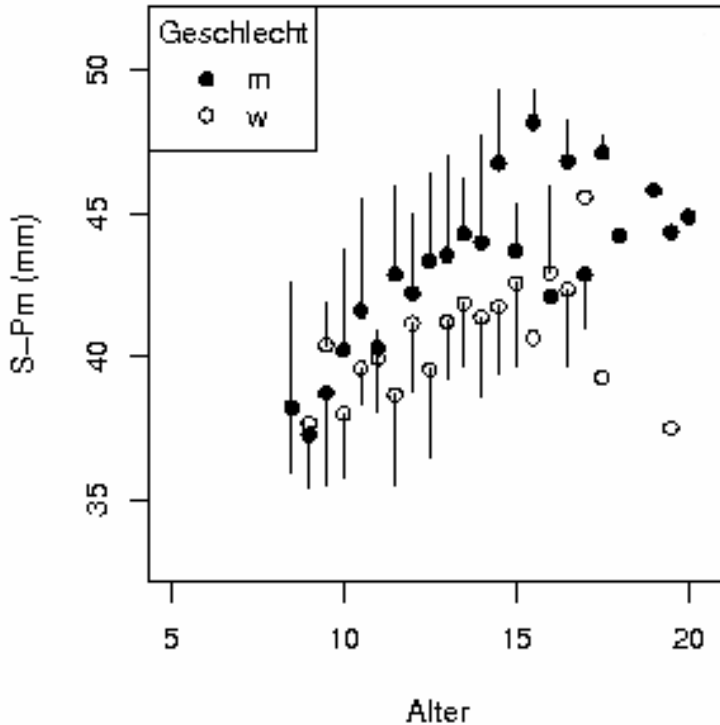


Abb. 63: Allgemeine Veränderung – Strecke: S-Pm (mm)

S-Pm Strecke zwischen dem Punkt Sella und dem Punkt Pm (Pterygomaxillaris).

Die Strecke **S-Pm** wächst bei Jungen stärker und zeigt bei beiden Geschlechtern ab etwa 16 Jahren wieder einen Trend zur Stagnation.

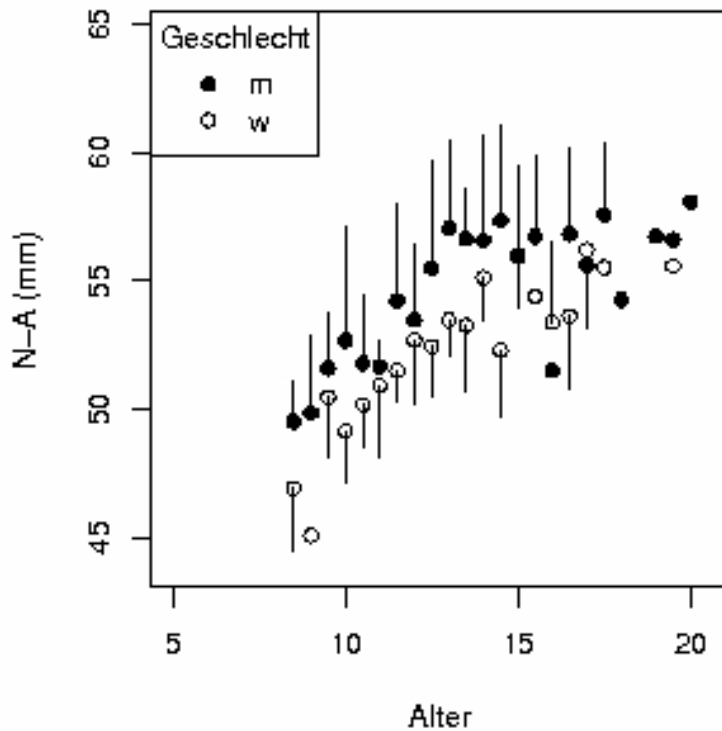


Abb. 64: Allgemeine Veränderung – Strecke: N-A (mm)

N-A Strecke zwischen dem Nasion und dem A-Punkt.

Beide Gruppen zeigen bis zum Alter von etwa 13 Jahren bei den Mädchen und 15 Jahren bei den Jungen etwa gleiche Wachstumsintensität die anschließend stagniert.

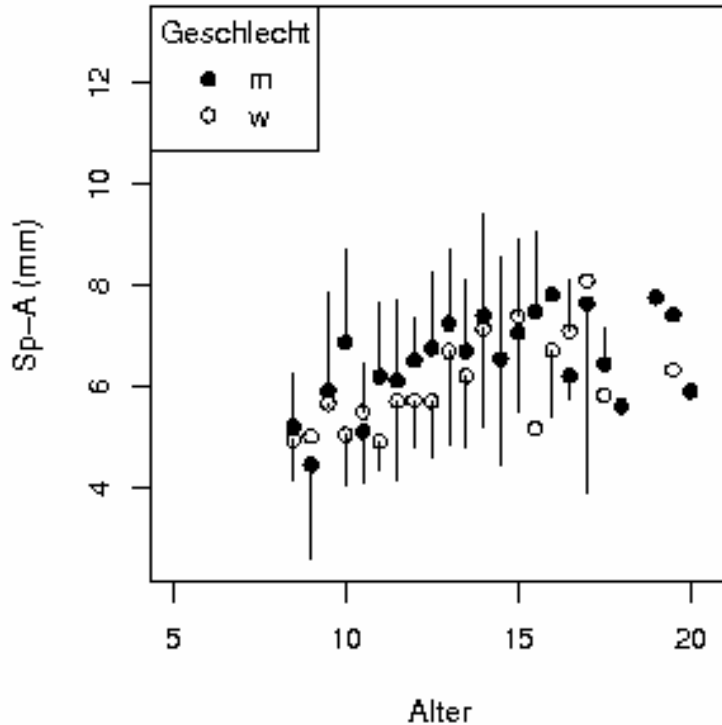
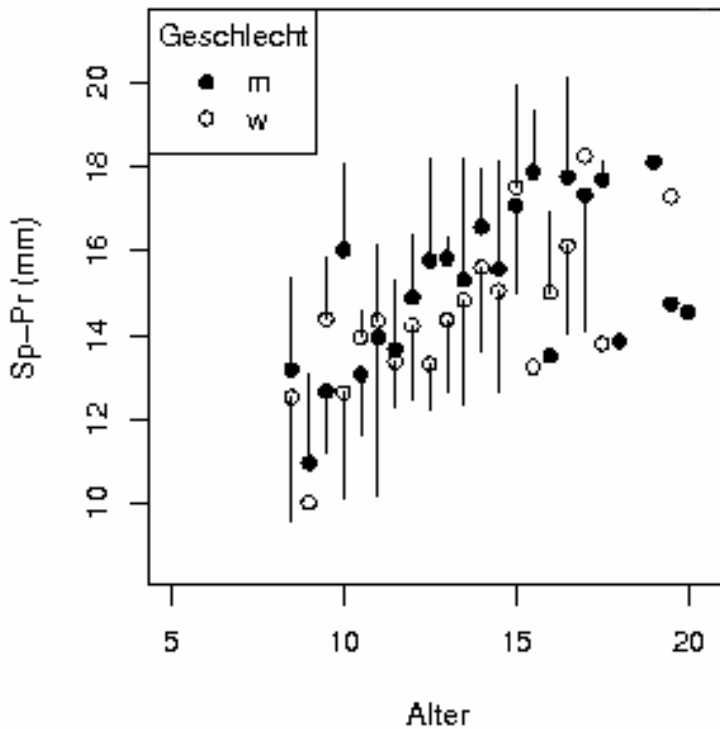


Abb. 65: Allgemeine Veränderung – Strecke: Sp-A (mm)

Sp-A Strecke zwischen dem Punkt Sp (Spina nasalis anterior) und dem A-Punkt.

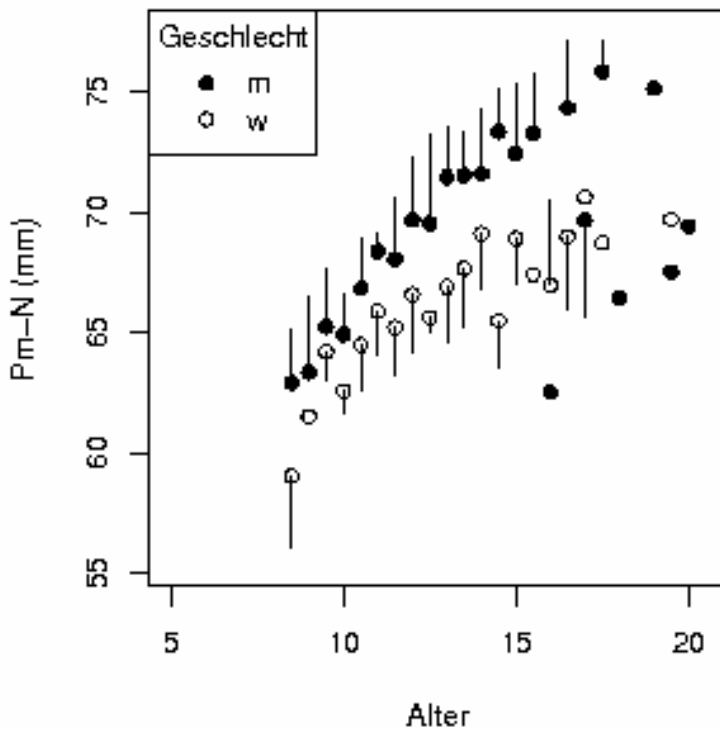
Ab etwa 16 Jahren geht das Wachstum in etwa konstante Werte über.



Sp-Pr Strecke zwischen dem Punkt Sp (Spina nasalis anterior) und dem Punkt Pr (Prosthion).

Mit etwa 8 Jahren kommt es bei beiden Gruppen zu einer sprunghaften Veränderung aufgrund des Zahnwechsels. Ab etwa 12 Jahren zeigen die Jungen ein größeres Wachstum als die Mädchen.

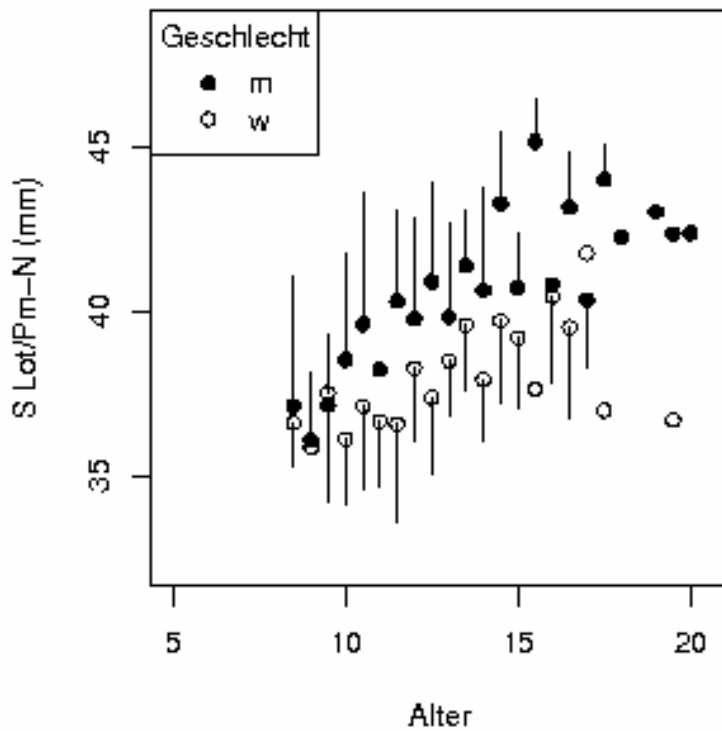
Abb. 66: Allgemeine Veränderung – Strecke: Sp-Pr (mm)



Pm-N Strecke zwischen dem Punkt Pm (Pterygomaxillare) und dem Nasion.

Es zeigt sich eine stetige Zunahme von etwa 9 bis 16 Jahren. Der Längenunterschied vergrößert sich mit steigendem Alter, bei deutlich höherem Anstieg bei den Jungen gegenüber einer insgesamt flacheren und früher abflachenden Kurve der Mädchen.

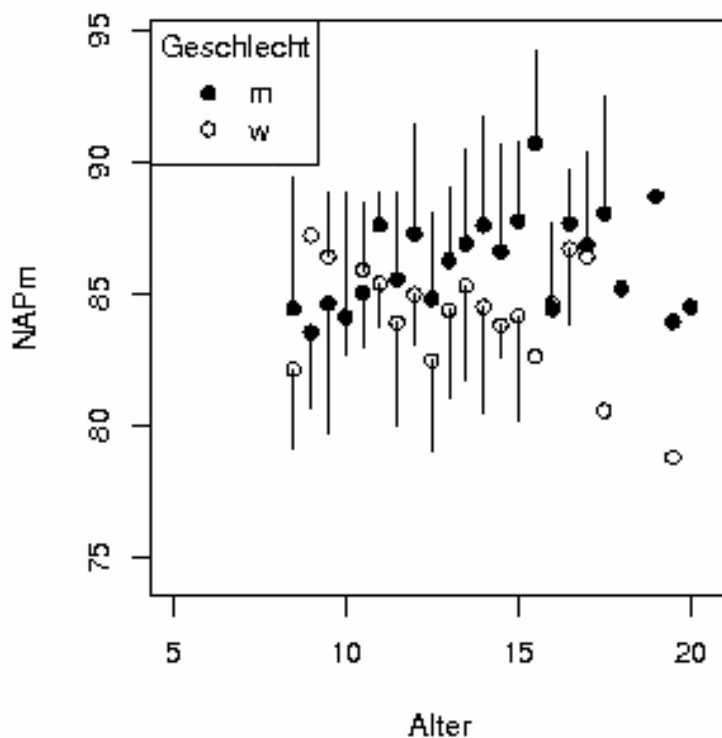
Abb. 67: Allgemeine Veränderung – Strecke: Pm-N (mm)



S Lot/Pm-N Lot vom Punkt Sella auf die Strecke zwischen die Punkte Pm (Pterygomaxillare) und dem Nasion.

Auch hier zeigen die Jungen eine steilere Entwicklungskurve als die Mädchen.

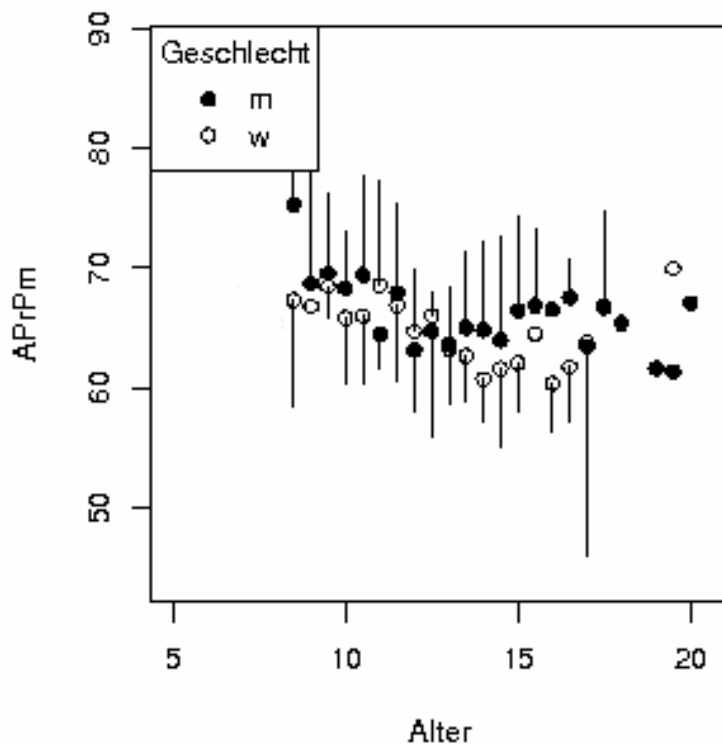
Abb. 68: Allgemeine Veränderung – Strecke: S Lot/Pm-N (mm)



NAPm Winkel am A-Punkt zwischen dem Nasion und dem Punkt Pm (Pterygomaxillare).

Mädchen und Jungen zeigen eine entgegengesetzte Winkelentwicklung bei etwa 13 Jahren.

Abb. 69: Allgemeine Veränderung – Winkel: NAPm (°)



APrPm Winkel am Punkt Pr (Prosthion) zwischen dem A-Punkt und dem Punkt Pm (Pterygomaxillaris).

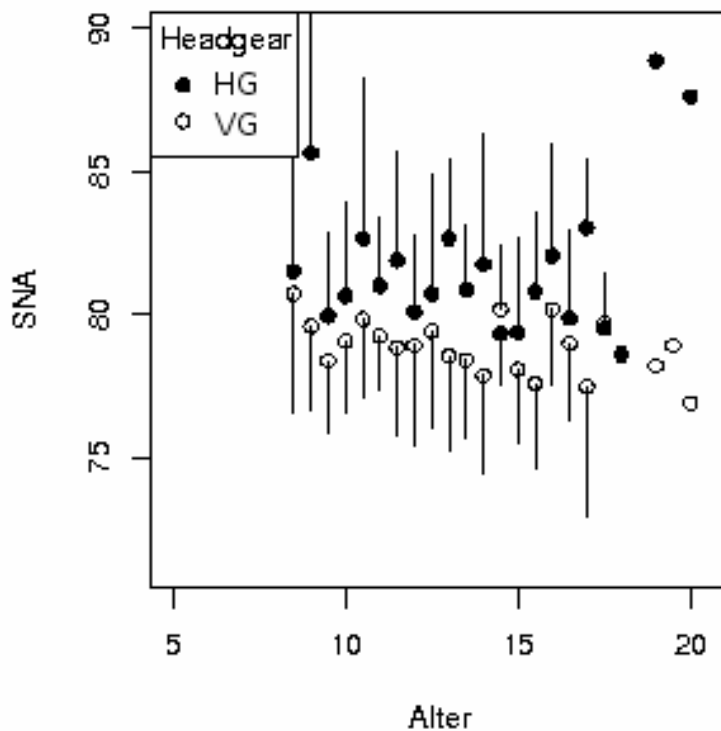
Beide Gruppen zeigen eine abnehmende Entwicklung, da sich das Prosthion nach ventral und kaudal verlagert.

Abb. 70: Allgemeine Veränderung – Winkel: APrPm (°)

Zusammenfassend zeigt die allgemeine Entwicklung bei Jungen und Mädchen überwiegend zwischen 9 und 16 Jahren eine stetige Zunahme, die dann anschließend abflacht. Die Kurvenverläufe der Jungen sind mehrheitlich steiler. Bei der Strecke **S-Pm** zeigt sich ab etwa 16 Jahren ein Trend zur Stagnation, wie ebenfalls bei der Strecke **N-A**, die ab etwa 13 Jahren bei den Mädchen und ab etwa 15 Jahren bei den Jungen abflacht sowie die Strecke **Sp-A**, die ab etwa 16 Jahren konstante Werte erreicht. Einige wenige Winkel wie etwa **APrPm** und **APmS** zeigen abweichend eine Verringerung. Aufgrund der stärkeren Zunahme der Strecken **N-A**, **Pm-N**, **S-Pm** und dem Winkel **NAPm** verändert sich der Oberkiefer des Jungen mehr vertikal, wohingegen er sich bei Mädchen stärker horizontal entwickelt.

5.2. Oberkieferveränderung mit einem Headgear

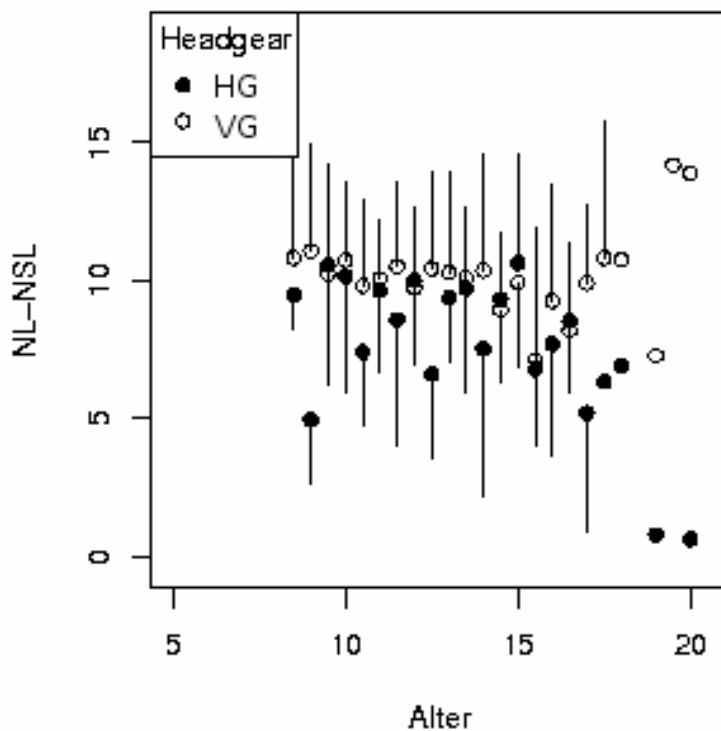
5.2.1 Allgemeine Entwicklungsuntersuchung mit verschiedenen Headgeararten



SNA Winkel zwischen Sella und A-Punkt, der den Prognathiegrad der Maxilla beschreibt.

Der Winkel SNA ist bei der behandelten Gruppe um etwa 2° größer als bei der skelettal unbeeinflussten Gruppe.

Abb. 71: Headgear gesamt – Winkel: SNA ($^\circ$)



NS-NSL Inklinationswinkel der Maxilla. Er drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die vordere Schädelbasis aus.

Hier bleiben die Werte der Vergleichsgruppe konstant. Die Winkelwerte der Headgeargruppe werden tendenziell kleiner.

Abb. 72: Headgear gesamt – Winkel: NL-NSL ($^\circ$)

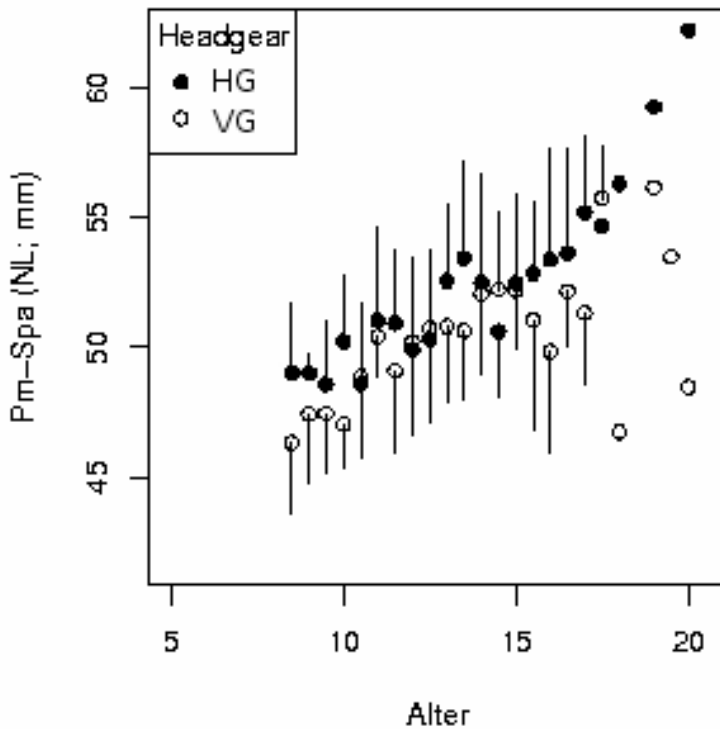


Abb. 73: Headgear gesamt – Strecke: Pm-Spa (NL; mm)

Pm-Spa (NL) Nasallinie. Sie charakterisiert die Oberkieferbasis zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Spa (Spina nasalis anterior).

Die Strecke **Pm-Spa (NL)** zeigt bei der Headgeargruppe eine längere Zunahme. Die Vergleichsgruppe hat etwas geringere Werte.

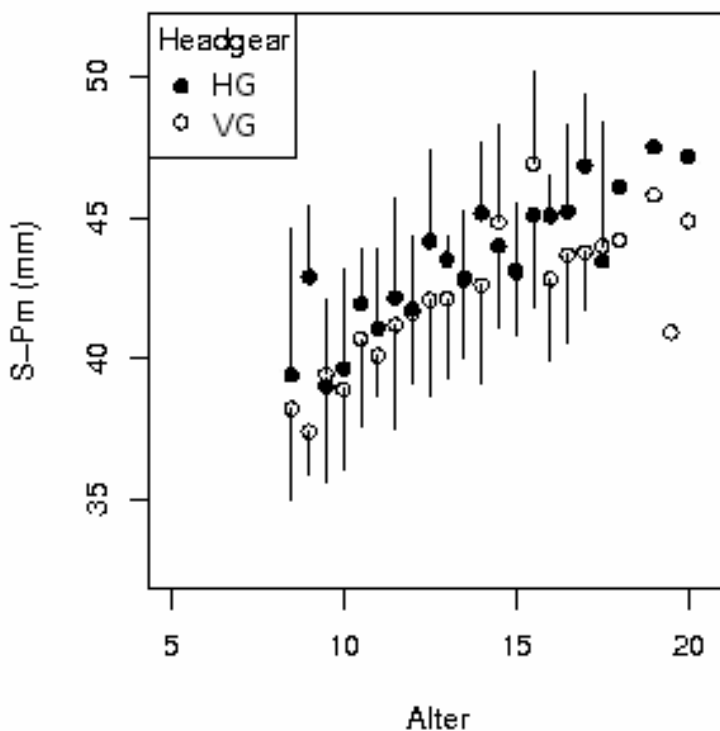


Abb. 74: Headgear gesamt – Strecke: S-Pm (mm)

S-Pm Strecke zwischen dem Punkt Sella und dem Punkt Pm (Pterygomaxillaris).

Beide Gruppen zeigen konstantes Wachstum, wobei die Headgeargruppe etwas höhere Werte aufzeigt.

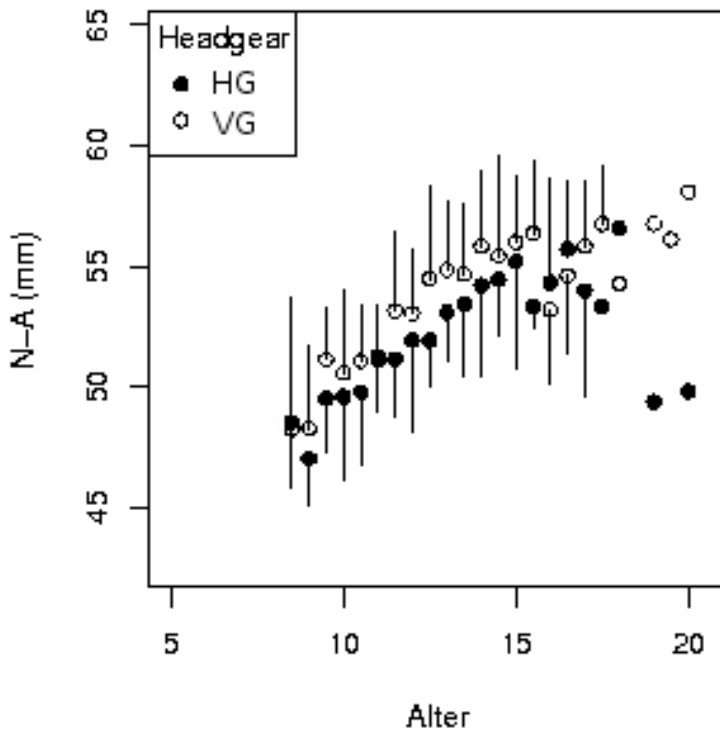


Abb. 75: Headgear gesamt – Strecke: N-A (mm)

N-A Strecke zwischen dem Nasion und dem A-Punkt.

Hierbei zeigt die Headgeargruppe ca. 1° kleinere Werte bezüglich der Vergleichsgruppe mit konstanter Steigerung.

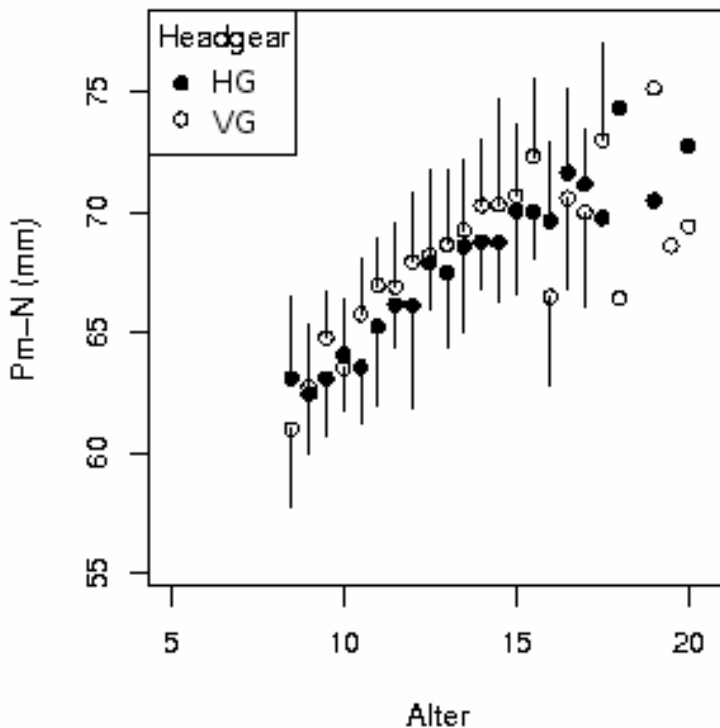
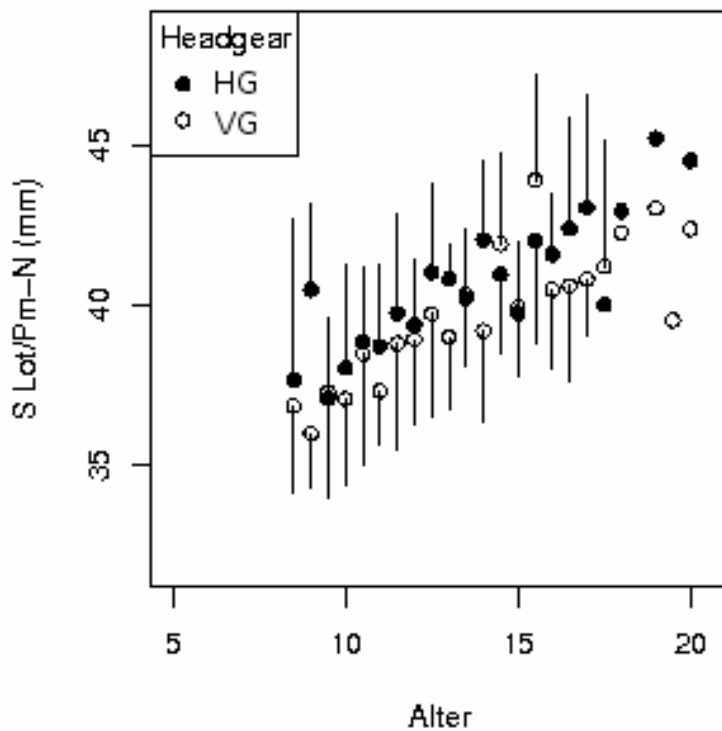


Abb. 76: Headgear gesamt – Strecke: Pm-N (mm)

Pm-N Strecke zwischen dem Punkt Pm (Pterygomaxillare) und dem Nasion.

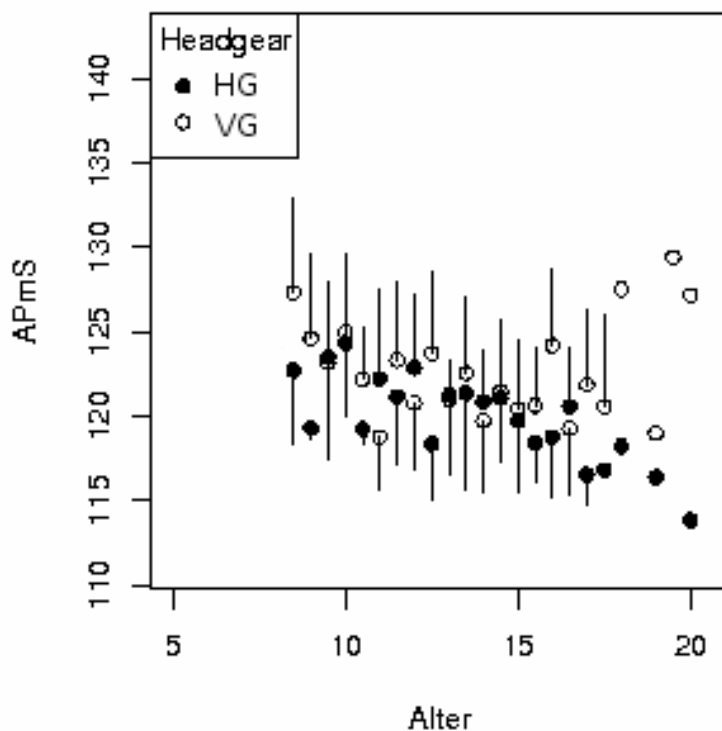
Bei synchroner Zunahme zeigt die Headgeargruppe niedrigere Werte von etwa 1° .



S Lot/Pm-N Lot vom Punkt Sella auf die Strecke zwischen die Punkte Pm (Pterygomaxillare) und dem Nasion.

Beide Gruppen zeigen konstante Steigung, wobei die Headgeargruppe höhere Werte aufzeigt.

Abb. 77: Headgear gesamt – Strecke: S Lot/Pm-N (mm)



APmS Winkel am Punkt Pm (Pterygomaxillaris) zwischen dem A-Punkt und dem Punkt Pr (Prosthion).

Beide Gruppen zeigen eine konstante negative Steigung, wobei die Headgeargruppe etwas kleinere Werte darstellt.

Abb. 78: Headgear gesamt – Winkel: APmS (°)

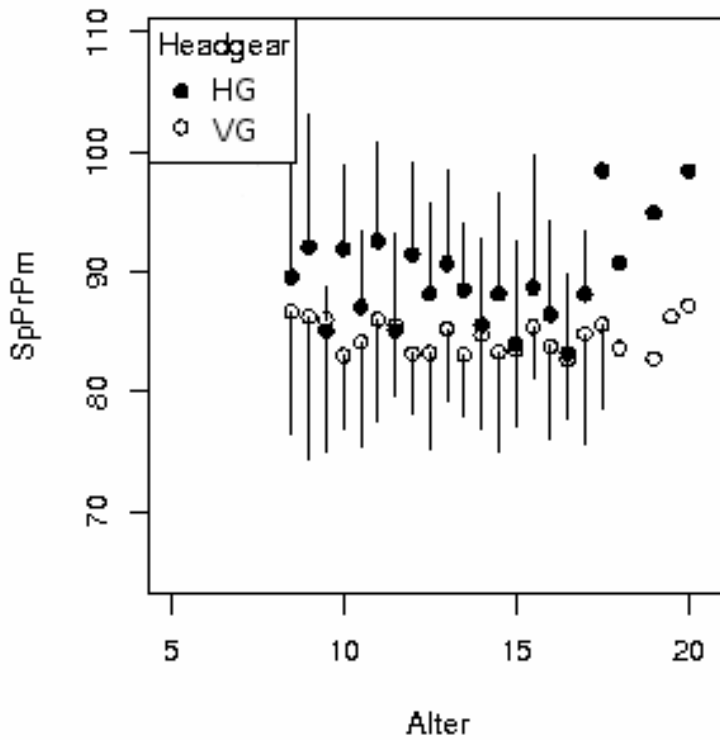


Abb. 79: Headgear gesamt – Winkel: SpPrPm (°)

SpPrPm Winkel am Punkt Pr (Prosthion) zwischen den Punkten Sp (Spina nasalis anterior) und Pm (Pterygomaxillaris).

Beide Gruppen zeigen konstante Werte, wobei die Headgeargruppe größere Ergebnisse aufweist.

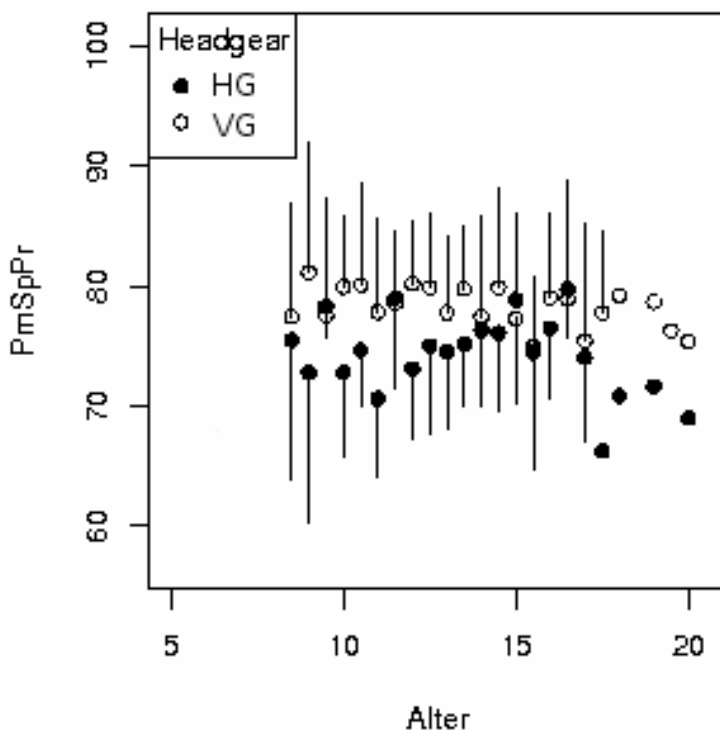


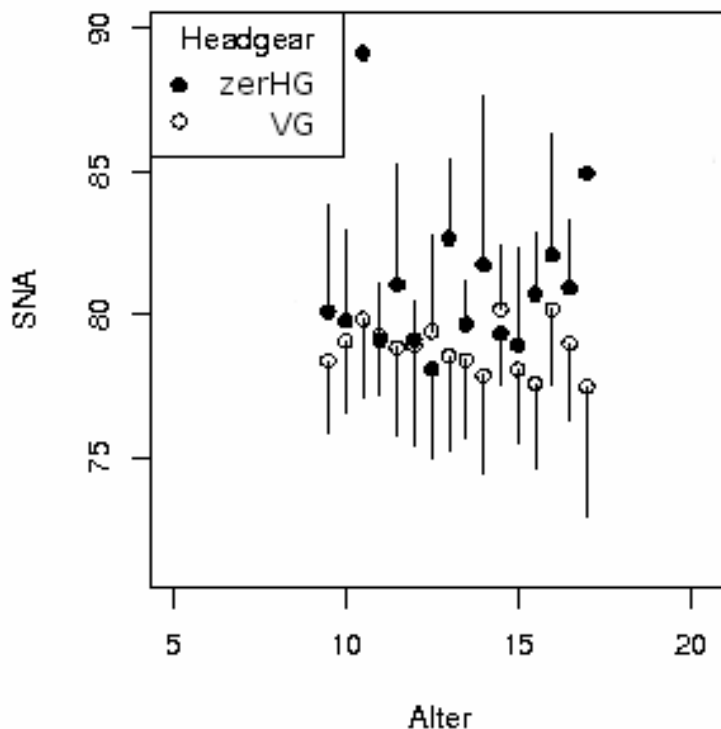
Abb. 80: Headgear gesamt – Winkel: PmSpPr (°)

PmSpPr Winkel am Punkt Sp (Spina nasalis anterior) zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Pr (Prosthion).

Hier liegen ebenfalls konstante Werte vor, wobei hier die Headgeargruppe kleinere Winkel erzielt.

Der Headgear beeinflusst die Oberkieferentwicklung. Da hierbei Headgeargeräte mit zervikaler und vertikaler bzw. vertikal-zervikaler Zugrichtung zusammengefasst werden, muss die Interpretation differenziert werden. Gemeinsam ist allen Arten, dass der Winkel **SNA** größere Werte und die Winkel **NL-NSL** und **APmS** geringere Werte als die Vergleichsgruppe zeigen. Die Strecken **Pm-Spa (NL)**, **S-Pm** und **S Lot/Pm-N** steigen konstant, bei größeren Streckenlängen als die Vergleichsgruppe an, gegenüber den Strecken **N-A** und **Pm-N**, die bei gleichmäßigem Wertezuwachs, unter den Ergebnissen der Vergleichsgruppe liegen. Somit kann man eine Tendenz zu einer vertikalen Wachstumshemmung mit anteriorer Rotationsrichtung erkennen.

5.2.2 Entwicklungsuntersuchung mit zervikalen Headgear



SNA Der Winkel zwischen Sella und A-Punkt, der den Prognathiegrad der Maxilla beschreibt.

Die Patienten mit einem zervikalen Headgear zeigen höhere **SNA** Winkelwerte als die Vergleichsgruppe.

Abb. 81: Headgear zervikal – Winkel: **SNA** (°)

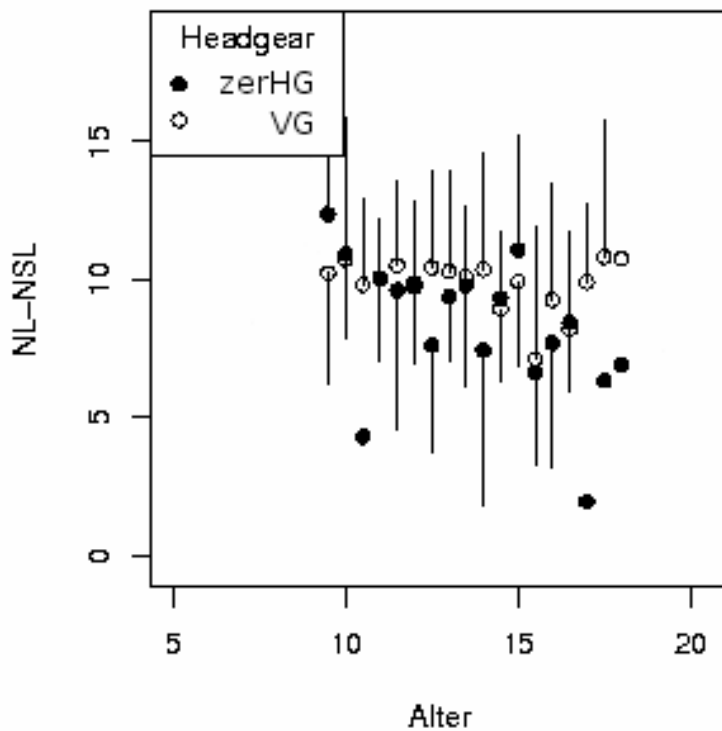


Abb. 82: Headgear zervikal – Winkel: NL-NSL (°)

NS-NSL Inklinationswinkel der Maxilla. Er drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die vordere Schädelbasis aus.

Die NS-NSL Winkelwerte liegen bei der Gruppe mit zervikalen Headgear leicht unter der Vergleichsgruppe.

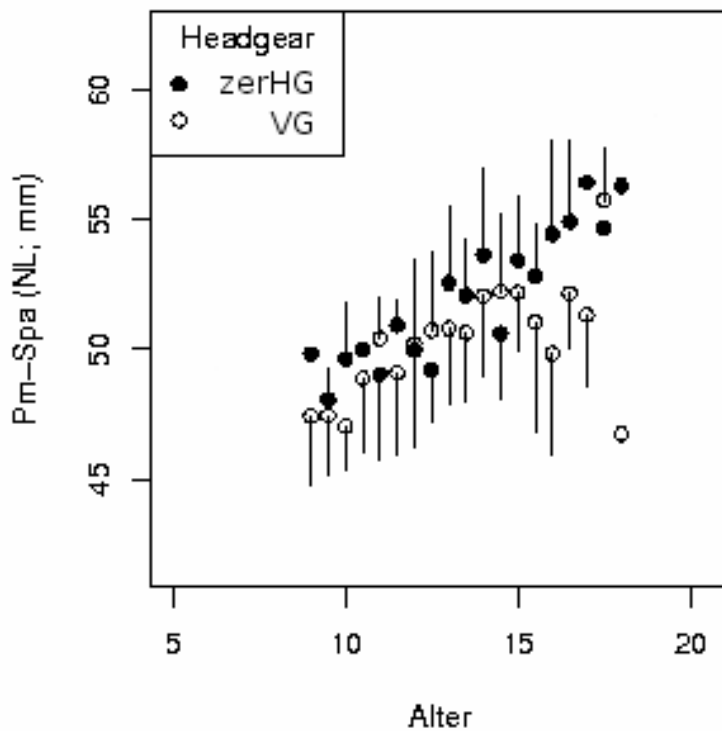


Abb. 83: Headgear zervikal – Strecke: Pm-Spa (NL; mm)

Pm-Spa (NL) Nasallinie. Sie charakterisiert die Oberkieferbasis zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Spa (Spina nasalis anterior).

Beide Gruppen haben gleiche Steigung, wobei die Gruppe mit zervikalen Headgear höhere Werte aufweist.

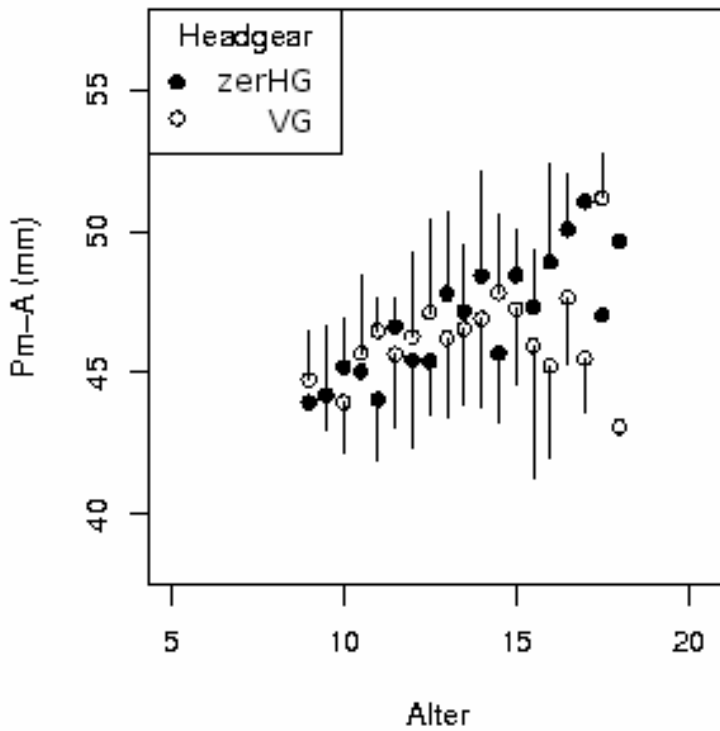


Abb. 84: Headgear zervikal – Strecke: Pm-A (mm)

Pm-A Strecke zwischen dem A-Punkt und dem Punkt Pm (Pterygomaxillaris).

Hier zeigt sich bei der Gruppe mit zervikalen Headgear eine Verlängerung der Strecke **Pm-A** gegenüber der Vergleichsgruppe.

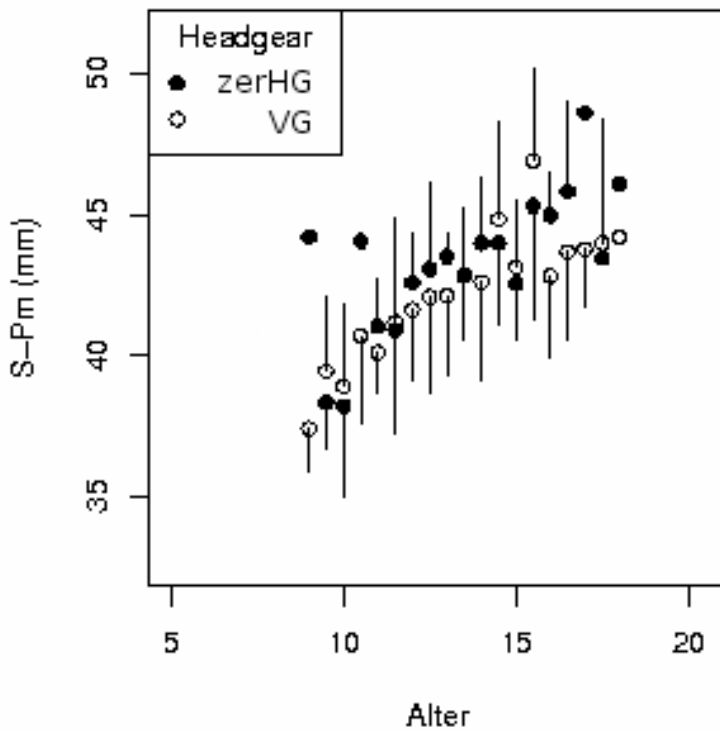


Abb. 85: Headgear zervikal – Strecke: S-Pm (mm)

S-Pm Strecke zwischen dem Punkt Sella und dem Punkt Pm (Pterygomaxillaris).

Bei etwas höherer Steigung hat die Gruppe mit einem zervikalen Headgear höhere **S-Pm** Streckenabstände.

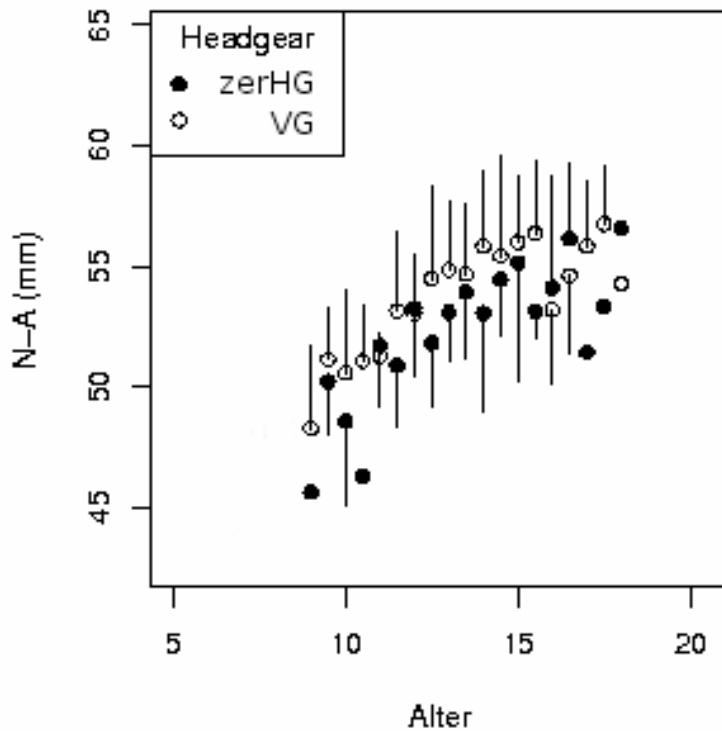


Abb. 86: Headgear zervikal – Strecke: N-A (mm)

N-A Strecke zwischen dem Nasion und dem A-Punkt.

Bei etwas höherer Steigung weist die Gruppe mit zervikalen Headgear geringere N-A Streckenwerte auf.

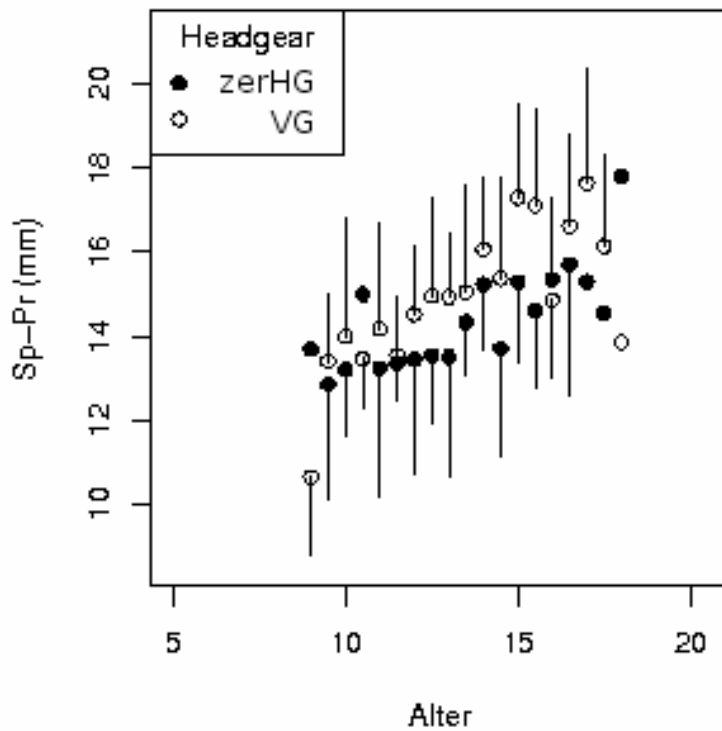


Abb. 87: Headgear zervikal – Strecke: Sp-Pr (mm)

Sp-Pr Strecke zwischen dem Punkt Sp (Spina nasalis anterior) und Pr (Prosthion).

Beim zervikalen Headgear ist der Streckenabstand **Sp-Pr** um etwa 1mm kleiner.

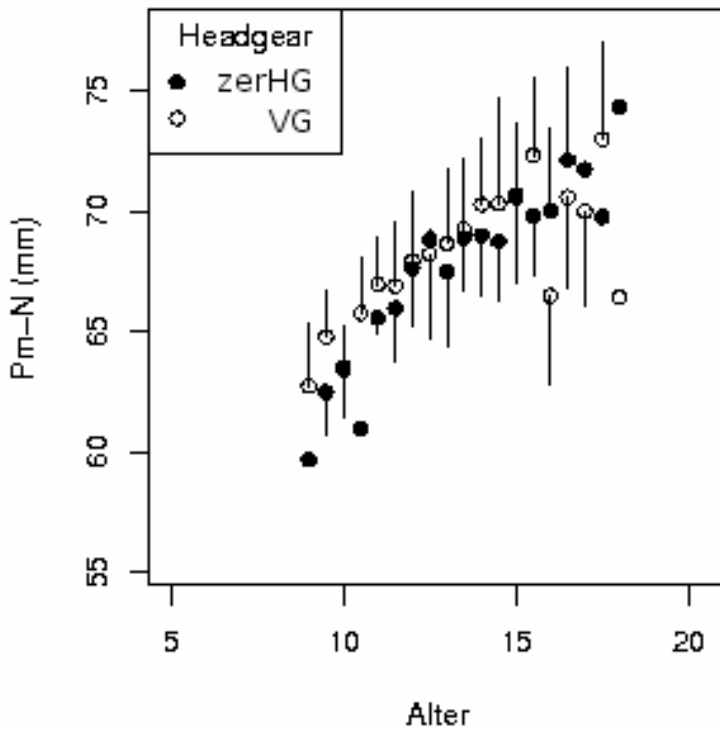


Abb. 88: Headgear zervikal – Strecke: Pm-N (mm)

Pm-N Strecke zwischen dem Punkt Pm (Pterygomaxillare) und dem Nasion.

Bei gleicher Steigung liegen die Werte der zervikalen Headgeargruppe etwas unter der Vergleichsgruppe.

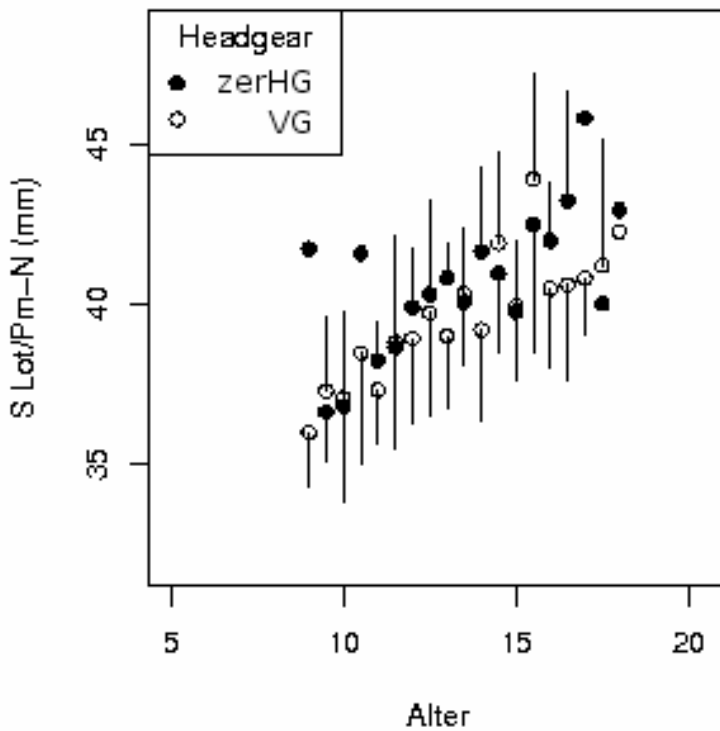


Abb. 89: Headgear zervikal – Strecke: S Lot/Pm-N (mm)

S Lot/Pm-N Lot vom Punkt Sella auf die Strecke zwischen die Punkte Pm (Pterygomaxillare) und dem Nasion.

Bei größerer Steigung liegen die Werte der zervikalen Headgeargruppe über der Vergleichsgruppe.

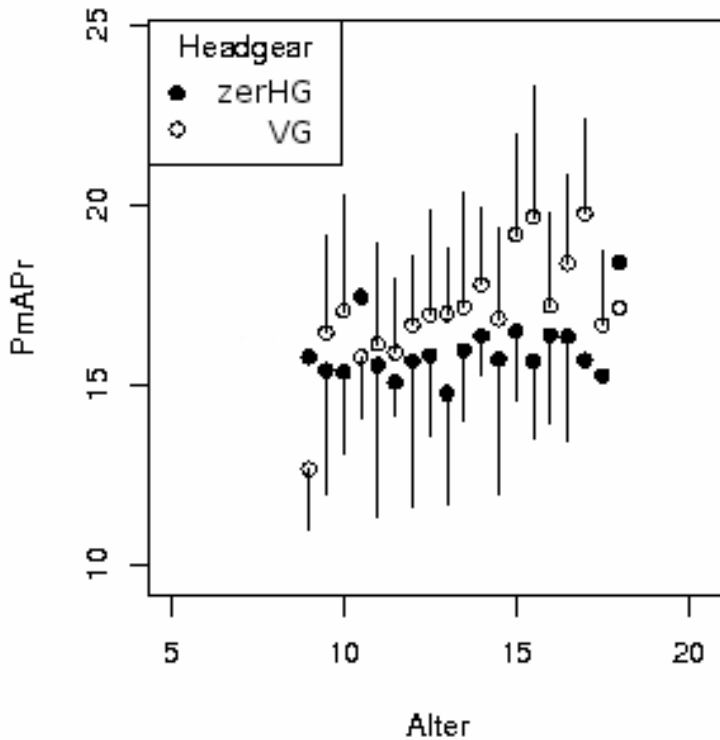


Abb. 90: Headgear zervikal – Winkel: PmAPr (°)

PmAPr Winkel am A-Punkt zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Pr (Prosthion).

Der Winkel **PmAPr** ist bei der Gruppe mit zervikalen Headgear kleiner und konstant, im Gegensatz zu der Vergleichsgruppe.

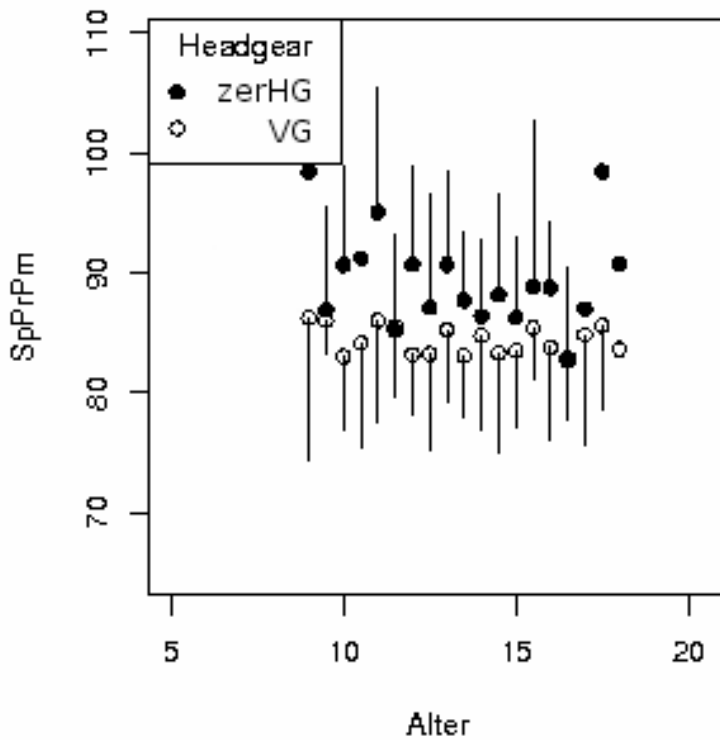


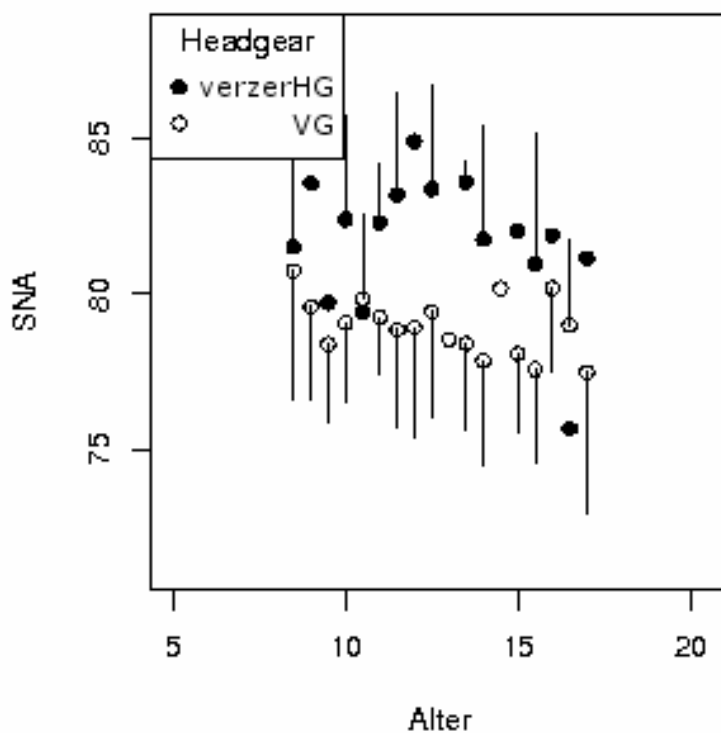
Abb. 91: Headgear zervikal – Winkel: SpPrPm (°)

SpPrPm Winkel am Punkt Pr (Prosthion) zwischen den Punkten Sp (Spina nasalis anterior) und Pm (Pterygomaxillaris).

Bei etwa konstanten Werten liegt die Gruppe mit zervikalen Headgear über den Werten der Vergleichsgruppe.

Allgemein vergrößert sich der Winkel **SNA** und verkleinert sich der Winkel **NL-NSL** gegenüber der skelettal unbeeinflussten Gruppe. Die Abstände **Pm-Spa (NL)**, **Pm-A** und **S-Pm** verlängern sich stärker bei der behandelten Gruppe, wohingegen die Abstände **N-A**, **Pm-N** und **Sp-Pr** sich unter der Länge der Vergleichsgruppe entwickeln. Dies führt zu einer Verlängerung des Oberkiefers mit posteriorer Zunahme der oberen „Gesichtshöhe“ und gleichzeitiger anteriorer Oberkieferrotation.

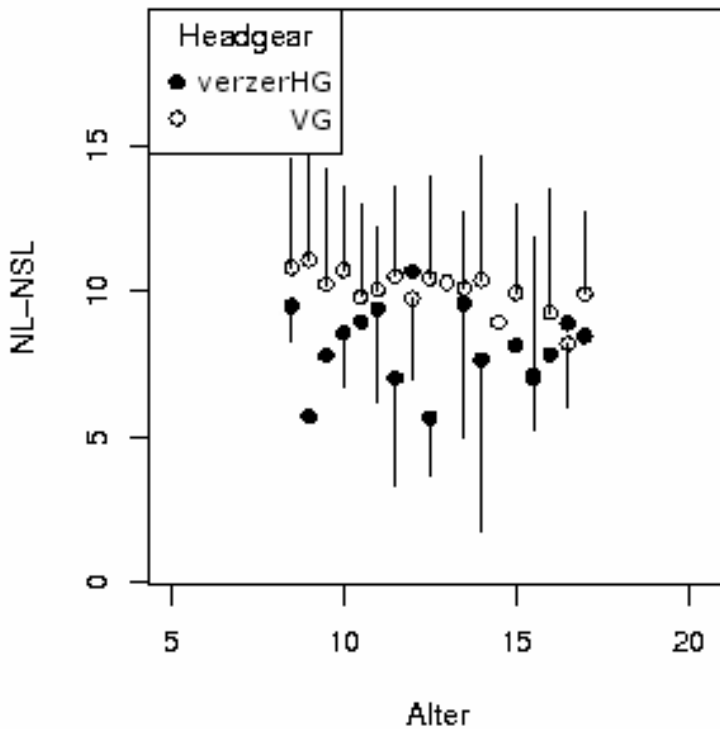
5.2.3. Entwicklungsuntersuchung mit vertikalen und vertikal-zervikalen Headgear



SNA Winkel zwischen Sella und A-Punkt, der den Prognathiegrad der Maxilla beschreibt.

Der Winkel **SNA** zeigt bei beiden Gruppen eine Abnahme, wobei die Patienten mit vertikal-zervikalen Headgear höhere Werte haben.

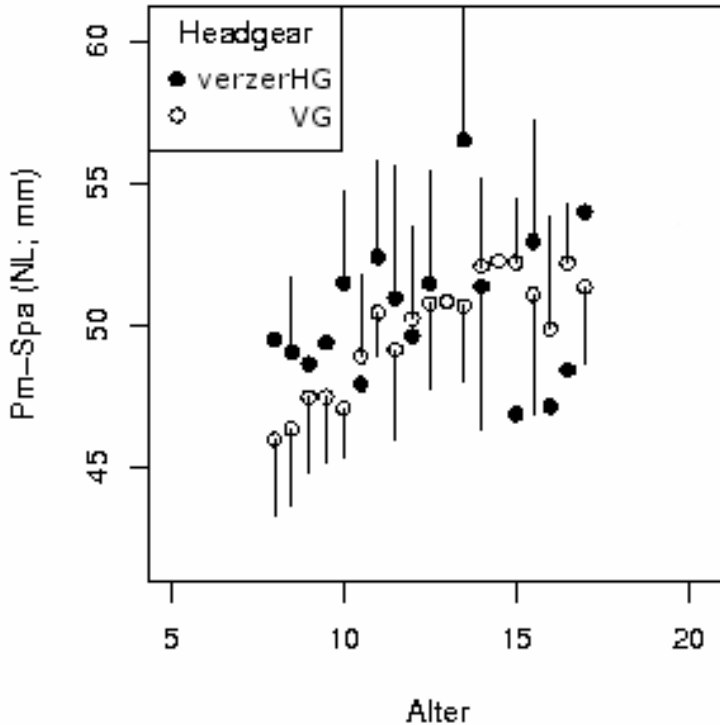
Abb. 92: Headgear vertikal-zervikal – Winkel: SNA (°)



NS-NSL Inklinationswinkel der Maxilla. Er drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die vordere Schädelbasis aus.

Der Winkel **NL-NSL** zeigt beidseits eine leichte Abnahme, hierbei haben die Patienten mit vertikal-zervikalen Headgear aber geringere Werte.

Abb. 93: Headgear vertikal-zervikal – Winkel: NL-NSL (°)



Pm-Spa (NL) Nasallinie. Sie charakterisiert die Oberkieferbasis zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Spa (Spina nasalis anterior).

Beide Gruppen zeigen eine Wertzunahme, wobei die behandelte Gruppe eine tendenziell geringere Steigung aufweist.

Abb. 94: Headgear vertikal-zervikal – Strecke: Pm-Spa (NL; mm)

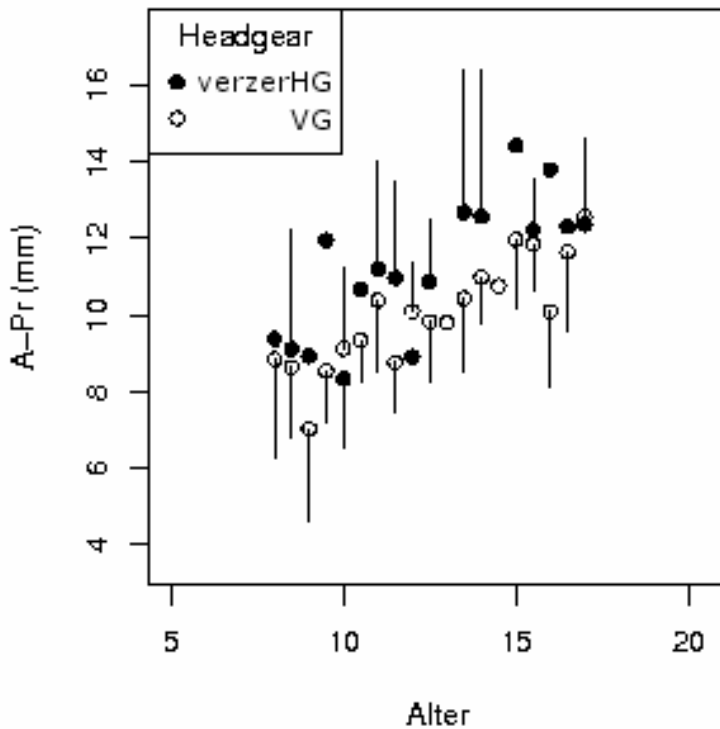


Abb. 95: Headgear vertikal-zervikal – Strecke: A-Pr (mm)

A-Pr Strecke zwischen dem A-Punkt und dem Punkt Pr (Prosthion).

Bei steigender Vergrößerung zeigt die Gruppe mit vertikal-zervikalen Headgear höhere Werte.

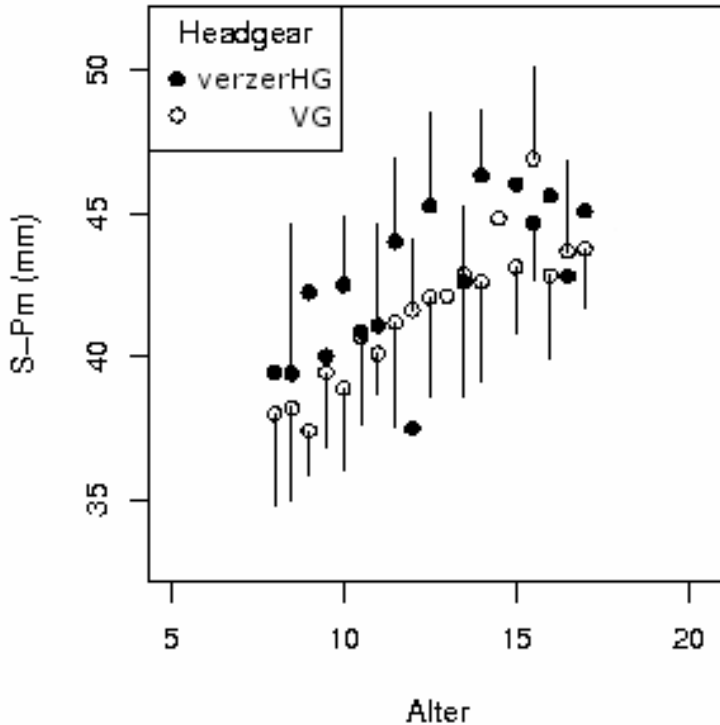
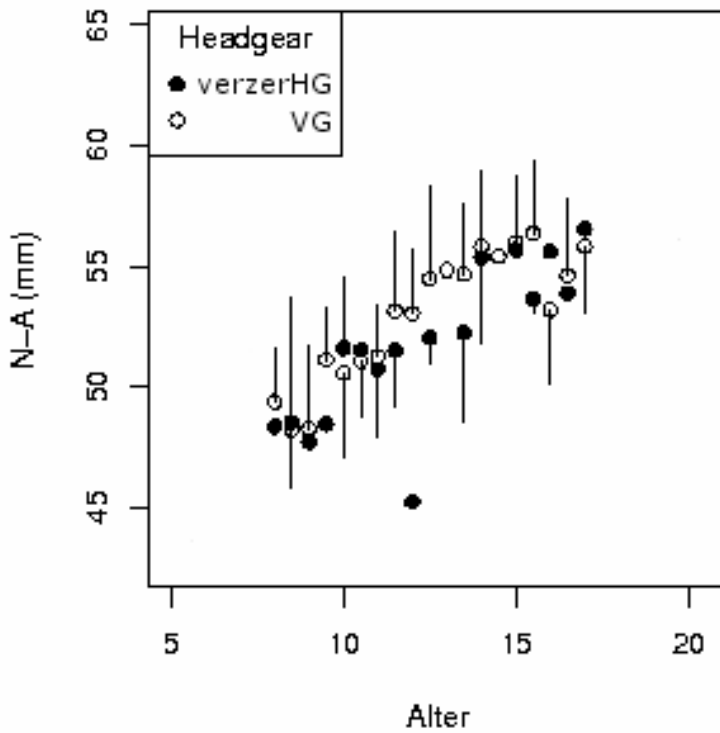


Abb. 96: Headgear vertikal-zervikal – Strecke: S-Pm (mm)

S-Pm Strecke zwischen dem Punkt Sella und dem Punkt Pm (Pterygomaxillaris).

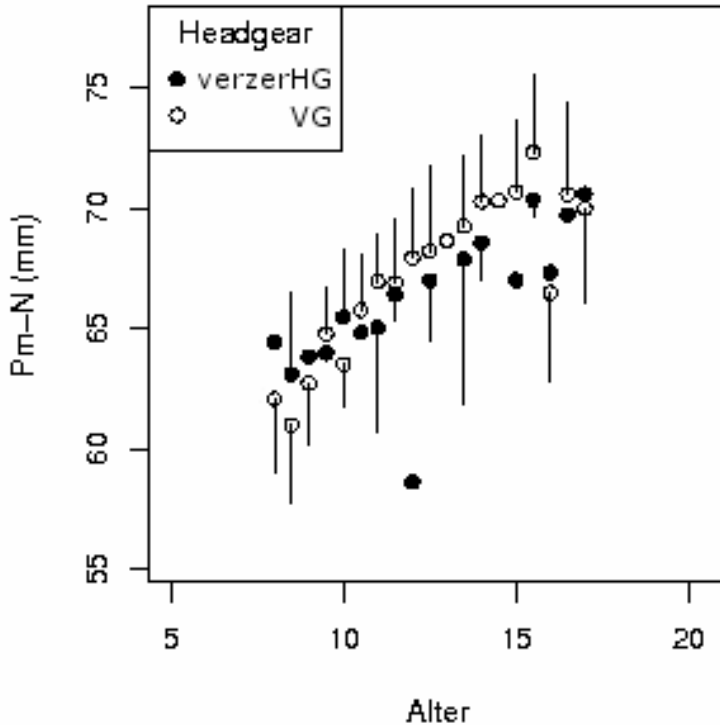
Es zeigt sich bei der behandelten Gruppe eine geringe Entwicklungshemmung der Strecke **S-Pm** gegenüber der Vergleichsgruppe.



N-A Strecke zwischen dem Nasion und dem A-Punkt.

Die Strecke N-A vergrößert sich langsamer bei der Gruppe mit vertikal-zervikalen Headgear.

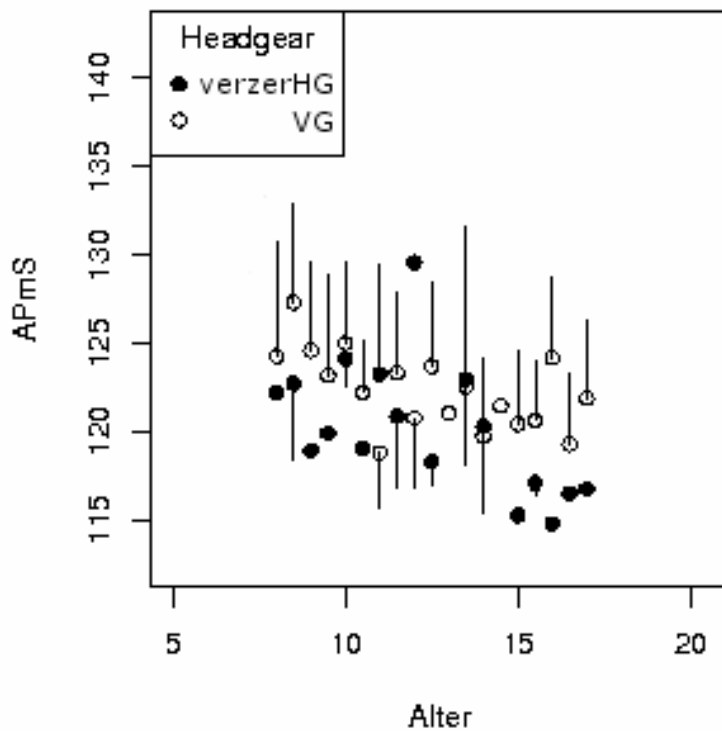
Abb. 97: Headgear vertikal-zervikal – Strecke: N-A (mm)



Pm-N Strecke zwischen dem Punkt Pm (Pterygomaxillare) und dem Nasion.

Beide Kurven steigen konstant an, wobei die behandelte Gruppe um etwa 1mm verringert ist.

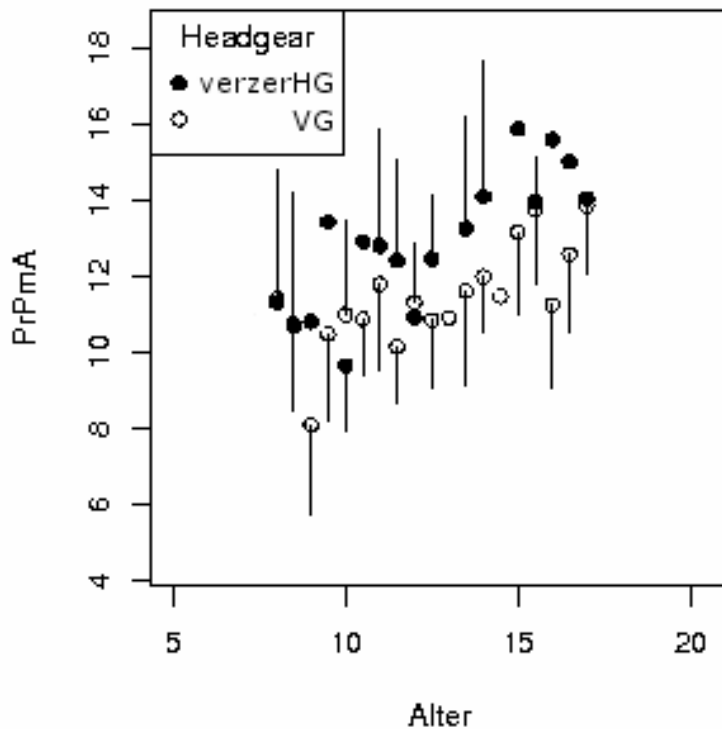
Abb. 98: Headgear vertikal-zervikal – Strecke: Pm-N (mm)



APmS Winkel am Punkt Pm (Pterygomaxillaris) zwischen dem A-Punkt und dem Punkt Pr (Prosthion).

Der Winkel **APmS** zeigt kleinere Werte, als die Vergleichsgruppe. Beide Kurven nehmen ab.

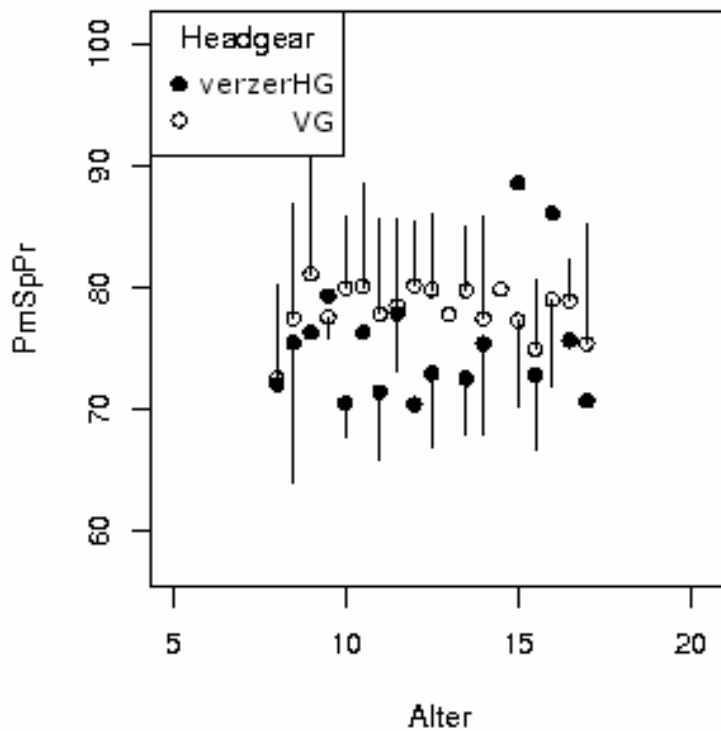
Abb. 99: Headgear vertikal-zervikal – Winkel: APmS (°)



PrPmA Winkel am Punkt Pm (Pterygomaxillaris) zwischen dem Punkt Pr (Prosthion) und dem A-Punkt.

Der Winkel **PrPmA** vergrößert sich bei beiden Kurven, dabei hat die behandelte Gruppe, höhere Werte.

Abb. 100: Headgear vertikal-zervikal – Winkel: PrPmA (°)



PmSpPr Winkel am Punkt Sp (Spina nasalis anterior) zwischen den Punkten Pm (Pterygomaxillaris) und Pr (Prosthion).

Beide Kurven zeigen etwa konstante Veränderungen, wobei die behandelte Gruppe niedrigere Werte aufweist.

Abb. 101: Headgear vertikal-zervikal – Winkel: PmSpPr (°)

Im Gegensatz zum zervikalen Headgear nimmt beim vertikalen Headgear und kombinierten Modell der Winkel **SNA** noch höhere Werte an. Dabei zeigen sowohl die behandelte Gruppe als auch die skelettal unbeeinflusste Gruppe eine geringe Abnahme der Werte im Entwicklungsverlauf. Beim Winkel **NL-NSL** zeigt sich ebenfalls eine leichte Reduktion im Entwicklungsgeschehen, wobei hierbei die behandelte Gruppe niedrigere Werte aufweist als die Vergleichsgruppe. Die Strecke **Pm-Spa (NL)** ergibt bei der behandelten Gruppe eine tendenziell geringere Steigung als die Vergleichsgruppe. Durch die Behandlung wird die Strecke **S-Pm** bei gleichmäßigem Wertzuwachs etwas gehemmt gegenüber der Vergleichsgruppe, bei gleichzeitiger Verringerung von den Strecken **NA** und **Pm-N** und einer Reduktion des Winkels **APmS** bei der Gruppe mit vertikal-zervikalen Headgear. Dies führt letztendlich zu einer anterioren Oberkieferrotation.

6. Diskussion

6.1. Methodenkritik der FRS-Röntgenentwicklungsanalyse

Generell ist bei einer kephalometrischen Analyse die Aussagekraft auf zwei Dimensionen beschränkt. Bei einer dreidimensionalen Auswertung würden sicherlich weitaus mehr Informationen über die wirkliche räumliche Ausdehnung des kranialen Wachstums dargelegt werden können. Weitreichendere Untersuchungen wie durch DVT-, CT- und MRT- Analysen könnten aber hierbei nur an einer viel geringeren Anzahl an Versuchspatienten durchgeführt werden als bei der gesamten Patientenanzahl der vorliegenden Studie.

BJÖRK hatte Metallimplantate in Schädelknochen inseriert, um hierbei genau Wachstumsbewegungen durch Lage- und Längenänderung nachzuweisen [11]. Einige Autoren wie DAVIDSON, HEDLY und PAYNE beschreiben schon 1897 die Grundprinzipien dreidimensionaler Betrachtung und Analyse konventioneller Röntgentechnik [30,83]. Zahlreiche Autoren erläuterten nachfolgend verschiedene Möglichkeiten einer räumlichen Röntgenuntersuchung. BAUMRIND, MOFFITT und CURRY entwickelten eine Systematik zur dreidimensionalen kraniofazialen Röntgenanalyse [5,6]. SELVIK beschrieb eine Stereoröntgentechnik (RSA), wobei mit zwei Röntgenröhren ein Objekt mit Metallimplantaten untersucht und anschließend, mithilfe mathematischer Modelle, die genaue räumliche Ausdehnung berechnet wird [101].

Bei der vorliegenden Untersuchung liegen standardisierte, mit Maßstabsangaben versehene FRS vor, die in der üblichen KFO-Therapie verwendet werden [18,46]. Zusätzlich vorliegende OPG-Aufnahmen derselben Patienten zum gleichen Zeitpunkt zeigen eine der Aufnahmetechnik immanente Unschärfe bezüglich des Vergrößerungsfaktors und Objektausdehnung an verschiedenen Punkten eines Röntgenbildes, weshalb diese nicht exakt berechnet werden können und somit nicht zur Analyse herangezogen wurden. Eine CT-Analyse wäre sicherlich am aussagekräftigsten, nur hätte man dann bei der großen Anzahl unserer jugendlichen Patienten bei jedem einzelnen mehrere Untersuchungen zu rein wissenschaftlichen Gründen durchführen müssen, was aus ethischen Gründen, erhöhter Strahlenbelastung und immensen Kosten undenkbar gewesen wäre. Somit wurden nur FRS-Aufnahmen aus medizinisch begründeten Fällen zur retrospektiven Analyse herangezogen und aufgrund der hohen Anzahl an behandelten Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität München konnten für unsere Untersuchung eine große Anzahl an Patienten zur Analyse des Wachstums gefunden werden. Natürlich stellt diese Gruppe keine Repräsentation der gegenwärtigen Gesellschaft dar, da nur die Patienten erfasst wurden, die sich behandeln ließen und auch nur diejenigen, oder deren Eltern, die als Ort die Poliklinik für

Kieferorthopädie München gewählt haben. Durch die hohe Fallzahl fallen über die Statistik auch einzelne behandlungsbedingte Faktoren bei der Gesamtbetrachtung im Sinne einer Querschnittsuntersuchung heraus.

6.2. Ergebniskritik der Entwicklungsuntersuchungen

In der ersten allgemeinen Untersuchung mit Patienten, die mit Apparaturen behandelt wurden, denen keine skelettale Beeinflussung in der Literatur postuliert wurde, stellt ein Vergleich der Mediane mit den Mittelwerten eine relativ geringe Abweichung dar. Die hierbei auftretende regelmäßige Normalverteilung ist auf die relativ große Anzahl von 702 Patienten zurückzuführen. Bei den Headgearuntersuchungen kommt es hingegen zu einer schiefen Verteilung. Der Grund dafür liegt an der deutlich geringeren Studienteilnehmeranzahl von 33 Patienten. Auch muss man berücksichtigen, dass in der Theorie von einer gleichmäßigen Tragedauer und dem korrekten Einsatz der Apparaturen gesprochen wird und dies auch überprüft wurde. Was letztendlich der einzelne Patient wirklich getan hat und was nicht, lässt sich leider nicht nachvollziehen und würde wahrscheinlich von den Eltern oder den Patienten aus Schamgefühlen oder Unwissenheit auch nicht richtig beantwortet werden.

Darüber hinaus wurden bei der Headgearbehandlung unterschiedliche Zugkräfte bei der jeweiligen individuellen Therapie verwendet. Somit zeigen orthodontische Kräfte keine oder nur eine vernachlässigbare Hemmung der skelettalen Entwicklung im Vergleich zu orthopädischen Kräften, deren Werte höher liegen. Daher ist eine reine Untergliederung in Headgeararten teilweise zu ungenau. Eine weitere Differenzierung nach Zugkräften hätte wegen der bereits bestehenden geringen Teilnehmerzahl eine Auswertung nicht mehr realisierbar gemacht und somit sind die gewonnenen Ergebnisse oft schwierig zu interpretieren. Zusätzlich zeigt sich auch der teilweise gegensätzliche Effekt. Nach Absetzen der Apparatur kommt es demnach wohl zu einer Art „Wachstumsstimulation“, wie etwa bei der Strecke Pm-Spa (NL), da sich diese Strecke gegenüber der Vergleichsgruppe noch weiter verlängert.

Des Weiteren zeigen die einzelnen Headgeargruppen einen leicht höheren weiblichen Patientenanteil. Da es geschlechterspezifische Unterschiede gibt, werden die Ergebnisse der Headgeargruppen eventuell geringfügig mehr durch die weiblichen Patienten beeinflusst, die einer geschlechterspezifisch ausgewogenen Vergleichsgruppe, aus skelettal unbeeinflussten Patienten, gegenübergestellt werden.

Generell lässt sich bei der großen allgemeinen Wachstumsuntersuchung mit Patienten, die ebenfalls nicht skelettal beeinflusst wurden, feststellen, dass es bei regelmäßiger Betreuung auch hier schwierig darzustellen ist, wie jeder einzelne Patient nun individuell behandelt

wurde und mit welchem Engagement und Kontinuität er die Behandlung mitgetragen hat. Auch bei der Suche nach der Zusammensetzung der Vergleichsgruppe muss man sich bewusst machen, dass Patienten eine befund- und indikationsgerechte Therapie bekamen. Sofern dies bei ihnen therapiebedingt erforderlich war, erhielten sie einen Headgear. Für die Vergleichsgruppe wurden Patienten nach den gleichen kephalometrischen Kriterien wie bei der Headgearbehandlung ausgewählt, nämlich Patienten mit einer Klasse II Anomalie mit einem basalsagittal distalen Trend, von einer Tendenz bis zu einer starken Ausprägung. Dabei war die Mandibula retrognath, die Maxilla gelegentlich prognath entwickelt. Zudem war der Interbasalwinkel offen oder stark offen. Neben diesen kephalometrischen Aspekten wurde bei diesen Patienten anhand der verschiedenen unterschiedlichen Gesichtsverhältnisse, wie etwa Weichteilabdeckungen, Kinnprominenzen und Profilverhältnisse ein individuelles Behandlungskonzept erstellt, das eine Therapie ohne skelettal beeinflussende Apparaturen vorsah und somit die Patienten für die Vergleichsgruppe ausgewählt wurden. Dennoch ist es schwierig eine wirklich homogene Vergleichsgruppe zu finden.

Zusätzlich ist bei der Auswertung aufgefallen, dass der Punkt Prosthion eine hohe Varianz aufweist. Dies ergibt sich dadurch, dass hier im Alter zwischen 6 und 8 Jahren der Zahnwechsel stattfindet, dadurch entsteht eine sprunghafte Änderung der Ergebnisse. Zudem zeigen geeignete Therapieverfahren bei Zahnfehlstellungen eine rasche Wirkung auf den anatomischen Punkt Prosthion, was wiederum das Ergebnis verfälscht. Somit wird der Punkt Prosthion wohl stark durch Inklinationsänderungen der Inzisiven beeinflusst, wie etwa bei Klasse II/1 Deckbissfehlstellung. Demnach zeigt er in der Untersuchung eine hohe Varianz.

Es zeigte sich auch als Herausforderung zu klären, in welchem Raster man eine Differenzierung nach dem Alter, hier dem chronologischen Alter, vornimmt. Eine kleine Gruppe von allen gleichaltrigen Patienten und deren FRS in halbjährlichen Schritten zu unterscheiden ist sicherlich sinnvoll bei der großen Untersuchungsgruppe, bei den Headgearstudien entstehen dadurch sehr kleine Gruppen, die sich zwar gut vergleichen lassen, aber größere Altersabstände erschweren die Aussagekraft des Veränderungsverlaufs. Eine Aufteilung nach Geschlechtern hätte auch hier das unterschiedliche Einsetzen des Wachstumsschubes besser gezeigt, war aber aufgrund des geringen Datenmaterialumfanges nicht möglich.

Allgemein ist es schwierig anhand von Röntgenbildern genaue metrische Aussagen zu treffen. Aufgrund der Tatsache, dass jede einzelne FRS-Aufnahme geeicht wurde, die einzelnen Aufnahmen vom gleichen Gerät stammen und der insgesamt großen Datenmengemenge wird dieser Fehler statistisch minimiert. Somit lassen sich durchaus Trends in der Entwicklung des kraniofazialen Komplexes ablesen.

Alle Auswertungen zeigen sprunghafte Wertänderungen, entgegen einer erwarteten harmonischen Kurve. Dies erscheint auf den ersten Blick paradox. Hierbei muss man sich aber vergegenwärtigen, dass jeder Wert einer Altersgruppe eine Normalverteilung darstellt. In der nächsten oder vorherigen Gruppe gibt es wieder einen normalverteilten Wert, nur dass diese Altersgruppe unterschiedliche Patienten FRS beinhaltet, und nicht in jeder Gruppe ein FRS eines Patienten vorhanden ist. Es wird also nicht auf einen Patientenveränderungsverlauf eingegangen, da nicht jeder Patient die gleiche Anzahl an FRS in gleichmäßiger zeitlicher Reihenfolge besitzt. Zudem gibt es zu starke Schwankungen in numerischer und zeitlicher Abfolge, sowie Therapieabbrecher, so dass die vorliegende Gruppeneinteilung gewählt wurde. Hätte man jeden Patienten einzeln betrachten wollen, wäre man gezwungen gewesen Patienten mit gleicher FRS Anzahl mit gleichen zeitlichen Abständen auszuwählen, was die Ausgangsgruppe von 702 Patienten wesentlich reduziert hätte und man wieder eine Vorauswahl hätte treffen müssen, was man eben nicht wollte. Rein statistisch hätte dann eine Auswertung der individuellen Entwicklungskurven, aufgrund der unterschiedlichen absoluten Ergebnisse wieder sprunghafte Werte im Endergebnis ergeben.

6.3. Die natürliche Entwicklung des Oberkieferkomplexes

BJÖRK versuchte mit einem kephalometrischen Winkelsystem das kraniofaziale Wachstum darzustellen, wobei er die Proportionalität von Alter und Wachstum assoziierte und die relative Stabilität der S-N-Linie konstatierte [10]. Diese Linie wurde in der vorliegenden Untersuchung daher ebenfalls als relativ stabil angenommen. JANSON stellte in ihrer breit angelegten Studie mit Patienten, die mit einem A-Bionator behandelt wurden, fest, dass der Bionator zwar größere dentoalveoläre Veränderungen bewirken kann, aber keine skelettalen Beeinflussungen verursacht, als die das natürliche Entwicklungsmuster vorgibt [50]. Somit gilt die von VAN DER LINDEN geprägte Regel: „A skeletal pattern cannot be changed“ [113]. Auch McNAMARA wies bei einer Fränkelapparatur keine oder nur eine minimale Beeinflussung der skelettalen Maxillaentwicklung auf. Ein sich verändernder Punkt A unterliegt seiner Meinung nach dentoalveolärer Beeinflussung [67]. Demnach beeinflussen kieferorthopädische Geräte mit orthodontischen Kräften die skelettale Entwicklung nur vernachlässigbar, was als Grundlage der vorliegenden Untersuchung betrachtet worden ist.

DROSCHL ET AL. beschrieben eine Veränderung der Scharnierachse und der Okklusion während des natürlichen Wachstums. Damit ist das gnathologische Konzept der Erwachsenen nicht direkt auf Jugendliche übertragbar und darf während des Wachstums nicht als konstant betrachtet werden [32,33]. Somit spielt die Funktion eine nicht zu vernachlässigbare Rolle in

der Entwicklung des kraniomaxillären Bereichs. Zusammen mit SKIELLER beobachtete BJÖRK in seiner Implantatstudie ein Displacement beider Maxillaanteile in transversaler Richtung, welche dabei eine Rotation zueinander aufweisen, während gleichzeitig die Maxilla als Ganzes sich nach anterior bewegt und rotiert [14]. Auch STÖCKLI stellte eine anteriorkaudale Rotation des gesamten Oberkiefers fest [105]. In der gegenwärtigen Studie zeigt sich ebenfalls eine Pm-Spa (NL)-Streckenzunahme, was diese anteriore Bewegung bestätigt. Hingegen kann bei der gleichzeitigen Zunahme der Strecken S-Pm, N-A und Pm-N diese Rotation der Maxilla nicht nachgewiesen werden. Ab etwa 16 Jahren zeigt sich bei der Strecke S-Pm sogar eine leicht rückläufige Entwicklung, so dass man sogar eher eine minimale posteriore Rotationstendenz konstatieren könnte. Um zu versuchen, die Beschreibung der Entwicklung des maxillären Komplexes nach kaudal und anterior zu differenzieren, führten PROFFIT, FIELDS und BRAUN ET AL. die C-Achse ein, [17,86] die aber in der vorliegenden Untersuchung nicht verwendet wird.

SOLOW und SIERSBAEK-NIELSEN untersuchten die Korrelationen zwischen kraniozervikaler und vertikaler Angulation und Veränderungen der Gesichtsmorphologie. Dabei stellten sie keine nennenswerte Veränderung der Gesichtsentwicklung durch vertikale Wachstumsangulation fest [103]. Dies wird in der gegenwärtigen Analyse nur teilweise bestätigt. Aufgrund der stärkeren Zunahme der Strecken N-A, Pm-N, S-Pm und dem Winkel NAPm verändert sich der Oberkiefer des Jungen schneller und stärker in vertikaler Richtung, wohingegen er sich bei Mädchen langsamer und mehr in horizontaler Richtung entwickelt.

VAN DER BEEK ET AL. konnten bei einem Wachstumsvergleich der anterioren und posterioren Gesichtshöhe eine geringe Korrelation feststellen. Die anteriore Gesichtshöhe verändert sich demnach insgesamt weniger und langsamer, wohingegen die posteriore Gesichtshöhe sich insgesamt mehr und zeitlich länger ausdehnt [112]. In der vorliegenden Untersuchung kann hierbei, bezogen nur auf den maxillären Komplex, ein annähernder Vergleich betrachtet werden. Hierbei zeigt sich eine entgegengesetzte Entwicklung. Die Strecke N-A wächst demnach mehr und zeitlich länger als die Strecke S-Pm, die weniger und sich langsamer entwickelt.

Bei longitudinalen kephalometrischen Untersuchungen unterscheiden JAMISON ET AL. drei Wachstumsstadien, das Prämaximum, das Maximum und das Postmaximum. Hierbei stellten sie fest, dass es geschlechtsspezifische Unterschiede der Entwicklung gibt. Die Längenveränderung des Oberkiefers ist bei Jungen schneller und stärker im Gegensatz zu ihrer kranialen Basis. Dieses Oberkieferlängenwachstum ist zur Zeit des Maximums am größten [49]. In der vorliegenden Studie ist es ebenfalls bei den Jungen zu stärkeren und intensiveren

Veränderungen gekommen, als bei den Mädchen, die sich früher, aber dafür langsamer entwickeln. Die Längenveränderung der Strecken Pm-Spa (NL), Pm-A, Pm-N und S Lot/Pm-N ist bei Jungen intensiver und größer. Speziell bei der Strecke Pm-A zeigen Mädchen ab etwa 12 Jahren eine eher stagnierende Entwicklung, wohingegen Jungen bis etwa 18 Jahren weiter an Länge hinzu gewinnen. Auch zeigt sich ab etwa 16 Jahren bei beiden Geschlechtern ein Trend zur leichten Stagnation der Streckenlänge S-Pm.

MITANI untersuchte speziell den Wachstumsspurte innerhalb des maxillären Komplexes an Jungen und Mädchen. Der Ausschlag dieses Spurtes und die Stärke ist bei Jungen größer [75]. In der aktuellen Untersuchung zeigt sich bei den Längenveränderungen der Strecken Pm-Spa (NL), Pm-A und N-A eine konstante Entwicklung, wobei auch hier die Jungen höhere Werte zeigen. Einen stärkeren und intensiveren Unterschied zeigt die Längenzunahme der Strecken S-Pm und S Lot/Pm-N bei den Jungen. Am deutlichsten ist der männliche stärkere und längere Entwicklungsschub bei der Strecke Pm-N zu beobachten, was die Erkenntnisse von MITANI wiederum bestätigen lässt.

Bereits RICKETTS erkannte eine fast identische Korrelation zwischen dem nach anterior gerichteten Maxillawachstum und dem Wachstum des Nasions, so dass der Winkel SNA während der Wachstumsphase keinen großen Änderungen unterliegt [91]. STÖCKLI stellte ebenfalls bei der Vorverlagerung des Oberkiefers nahezu keine Veränderungen des Winkels SNA fest [104]. Auch McNAMARA wies darauf hin, dass das Nasion und der Punkt A in etwa gleichmäßiges Wachstum zeigen [66]. OCHOA und NANDA konnten ebenfalls bei ihren Beobachtungen feststellen, dass der Winkel SNA sich nicht signifikant mit dem Alter verändert [82]. Dies hat NANDA bereits in einer früheren Studie 1971 dargestellt [78] und wird von JAMISON ebenfalls aufgezeigt [49]. Auch in der gegenwärtigen Untersuchung kann die Konstanz des Winkels SNA bei beiden Geschlechtern bestätigt werden, wobei bei Mädchen der Wert sogar um etwa 1° durchgängig größer ist als bei gleichaltrigen Jungen. Dabei ist zu beachten, dass der Winkel durch drei Punkte mit zwei Freiheitsgraden definiert wird, die Fehlermöglichkeiten ergeben können. Neben GIANELLY ET AL., MEISTRELL ET AL. weist auch REDDY daraufhin, dass die Position des A-Punktes durch die Wurzeln der Inzisiven beeinflussbar ist, was wiederum den Winkel SNA verfälschen kann [45,68,89]. GIANELLY ET AL. beobachteten bei Patienten mit Klasse II/1 eine Veränderung des Oberkiefers von maximal 1-2mm bezüglich ihrer sagittalen Ausdehnung durch eine kieferorthopädische Therapie. Dabei wird eine Reduktion des Winkels SNA zu mindestens 50% durch Zahnbewegungen verursacht [45]. Auch SANDUSKY beobachtete bei seiner Studie eine durchschnittliche SNA Winkelreduktion von $1,72^\circ$ bei Patienten mit Klasse II/1 Fehlstellung

und lässt dabei eine Verringerung von 1,5° allein auf die Zahnbewegung zurück führen [93]. In der vorliegenden Untersuchung ist auf eine spezielle Darstellung von Patienten mit Klasse II/1 Fehlstellung nicht eingegangen worden und eine solche Längenreduktion nicht nachgewiesen worden. FORSBERG ET AL., JANSON, SEGNER, MÜLLER und GESCH verglichen unbehandelte Patienten mit Klasse II/1 Fehlstellung zu zwei unterschiedlichen Wachstumszeitpunkten. RICKETTS unterschied dabei nicht zwischen Klasse II/1 und Klasse II/2 Fehlstellungen [35,38,50,76,91,98]:

Tab. 2: Vergleichsstudien zur Oberkieferveränderung

<u>Autor</u>	<u>Veröffentlichung</u>	<u>Patientenalter</u>	<u>SNA</u>	<u>NL-NSL</u>	<u>NA</u>
Ricketts	(1960)	8,1 Jahre	79,1°	7,6°	-
50 Patienten		10,6 Jahre	79,9°	7,8°	-
Forsberg et al.	(1981)	10,4 Jahre	81,5°	6,6°	-
31 Patienten		12,5 Jahre	81,8°	6,7°	-
Janson	(1982)	9,8 Jahre	79,5°	7,3°	64,2 mm
19 Patienten		12,0 Jahre	79,0°	7,8°	64,1 mm
Segner	(1991)	9,1 Jahre	80,0°	8,3°	-
138 Patienten		12,1 Jahre	80,9°	8,3°	-
Müller	(1992)	8,7 Jahre	81,0°	7,9°	63,1 mm
21 Patienten		10,3 Jahre	80,8°	7,8°	61,9 mm
Gesch	(2000)	10,1 Jahre	81,1°	6,7°	65,2 mm
40 Patienten		12,0 Jahre	82,5°	7,0°	64,1 mm

Im Vergleich dazu kommt die laufende Untersuchung zu folgenden Ergebnissen:

Tab. 3: Oberkieferveränderung – Wertetabelle 1

Patienten	702	2992FRS	m1376	w1616				
Alter (a)	SNA (°)		NL-NSL (°)		Pm-Spa (NL; mm)		N-A (mm)	
	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>m</u>	<u>w</u>
10,0	77,85	79,91	10,66	10,77	47,30	46,88	52,68	49,16
10,5	80,50	79,05	9,72	9,91	49,97	47,58	51,79	50,18
11,0	77,86	80,30	10,04	10,06	51,68	49,48	51,66	50,94
11,5	78,81	78,91	9,50	12,01	48,89	49,44	54,22	51,51
12,0	78,15	79,53	8,93	10,38	51,55	49,19	53,48	52,70
12,5	78,91	80,46	9,53	12,27	50,64	50,94	55,49	52,44
13,0	77,49	79,22	9,65	10,68	51,40	50,44	57,04	53,46
13,5	77,40	79,11	9,81	10,30	51,20	50,26	56,65	53,27
14,0	76,93	78,70	9,29	11,33	51,54	52,52	56,58	55,14
14,5	79,95	80,54	8,24	10,04	53,66	49,96	57,35	52,30
15,0	77,38	78,79	9,21	10,66	53,08	51,30	55,99	55,97
15,5	77,09	80,07	5,95	13,01	51,05	51,04	56,73	54,41
16,0	78,55	80,39	8,62	9,35	45,41	50,38	51,52	53,39
16,5	80,04	78,56	6,92	8,74	53,90	51,41	56,83	53,64
17,0	76,39	79,68	10,50	8,70	50,50	52,94	55,61	56,22
17,5	79,37	80,22	7,74	15,45	56,03	55,34	57,57	55,53
18,0	78,61	NA	10,75	NA	46,74	NA	54,27	NA

Tab. 4: Oberkieferveränderung – Wertetabelle 2

Patienten	702	2992FRS	m1376	w1616				
Alter (a)	Pm-N (mm)		S-Pm (mm)		S Lot/Pm-N (mm)		NAPm (°)	
	m	w	m	w	m	w	m	w
10,0	64,92	62,56	40,23	38,01	38,52	36,10	84,11	84,09
10,5	66,83	64,48	41,60	39,58	39,60	37,10	85,03	85,89
11,0	68,36	65,89	40,29	39,94	38,22	36,63	87,61	85,38
11,5	68,02	65,21	42,86	38,66	40,30	36,56	85,52	83,90
12,0	69,66	66,57	42,20	41,16	39,77	38,26	87,25	84,97
12,5	69,52	65,62	43,33	39,53	40,89	37,37	84,80	82,46
13,0	71,44	66,90	43,55	41,21	39,82	38,49	86,24	84,37
13,5	71,52	67,66	44,28	41,84	41,38	39,57	86,89	85,30
14,0	71,59	69,10	43,99	41,37	40,63	37,92	87,58	84,50
14,5	73,33	65,48	46,75	41,74	43,25	39,70	86,59	83,80
15,0	72,43	68,89	43,69	42,55	40,70	39,18	87,75	84,16
15,5	73,29	67,41	48,16	40,64	45,14	37,62	90,69	82,62
16,0	62,53	66,96	42,10	42,90	40,80	40,44	84,41	84,61
16,5	74,32	68,97	46,82	42,33	43,16	39,49	87,66	86,70
17,0	69,67	70,62	42,86	45,56	40,33	41,76	86,85	86,39
17,5	75,82	68,73	47,11	39,26	44,00	36,98	88,02	80,56
18,0	66,41	NA	44,20	NA	42,26	NA	85,19	NA

Hierbei ist festzustellen, dass wie schon erwähnt, keine fortlaufenden Patienten in einem Wachstumszyklus untersucht wurden, sondern statistische Jahresgruppen gebildet wurden. Die erwähnten anderen Autoren beschränkten sich in ihren Studien vorwiegend auf einen Zeitraum zwischen 8 und 12 Jahren.

Allgemein stellen NANDA und OCHOA bei Mädchen nach dem Alter von 12 Jahren nur noch eine relativ geringe Längenzunahme der Strecke A-Pm fest, wohingegen bei Jungen die Veränderung noch bis 16 Jahren in einer höheren Stärke und ausdauernder fortgeführt wird [82]. Dies kann auch bei der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden. NANDA und GHOSH formulierten, dass insgesamt das Hauptwachstum der gesamten Maxilla geschlechterspezifisch sich unterscheidet, so sei das Hauptwachstum bei Mädchen zwischen 6 und 12 Jahren und bei Jungen zwischen 12 und 18 Jahren [81]. In der aktuellen Untersuchung wird dies aber nicht festgestellt. CHUNG und WONG stellten keine geschlechterspezifischen Entwicklungsunterschiede der Winkelwerte fest, jedoch in der Längenentwicklung [28]. In der gegenwärtigen Studie wird aber eine geschlechterspezifische Winkelveränderung beobachtet. So hat der Winkel SNA bei Mädchen fortlaufend um etwa 1° höhere Werte. Beim Winkel NL-NSL zeigt sich eine gegenläufige Entwicklung. Bis etwa 12 Jahren haben die Jungen höhere Werte als die Mädchen, die sie dann aber überholen, wohingegen die gleichaltrigen Jungen eher persistieren. Beim Winkel NAPm zeigt sich eine ähnliche Entwicklung. Die Werte der Mädchen nehmen kontinuierlich ab, wobei die Winkelwerte der Jungen konstant zunehmen. Bei etwa 13 Jahren haben beide Geschlechter in etwa die gleichen Winkelaus-

maße. In der unterschiedlichen Längenentwicklung stimmt die gegenwärtige Studie mit den Aussagen von CHUNG und WONG überein. Somit zeigen Jungen bei den Strecken Pm-Spa (NL), Pm-A, S-Pm, N-A, Pm-N, S Lot/Pm-N eine stärkere Veränderung als die gleichaltrigen Mädchen.

6.4. Auswirkungen des Headgear auf die Oberkieferentwicklung

In vergangenen klinischen Studien von KLEIN, RICKETTS, WIESLÄNDER, MELSEN, RAKOSI und BAUMRIND ET AL., sowie anhand von Primaten-Tierexperimenten durch MELDRUN, SPROULE und HENRY und Schädelstudien durch KRAGT, DUTERLOO, ALGRA, ITOH ET AL. und ZENTNER ET AL. wurde der Einfluss eines Headgears auf das skelettale Wachstum untersucht. Hierbei erkannte man, dass neben der Veränderung der Zahnstellung auch orthopädische Regulierung des Oberkiefers durch gehindertes ventrales Displacement des protrudierten maxillären Komplexes durchgeführt werden konnte. Bestimmte kraniofaziale Suturen zeigten eine Reaktion auf Displacementbewegungen [7,45, 48,57,69,70,71,88,91,110,117,120]. In der gegenwärtigen Untersuchung zeigt sich bei Patienten, die mit einem Headgear behandelt wurden, eine konstant größere Verlängerung der Strecken Pm-Spa (NL), S-Pm und S Lot/Pm-N gegenüber der Vergleichsgruppe. Der Winkel SNA ist in etwa um 2° erhöht und die Winkel NL-NSL und APmS zeigen bei gleichmäßiger Abnahme etwas niedrigere Werte als die unbehandelte Gruppe. Bei den Strecken N-A und Pm-N weisen die Patienten, die mit einem Headgear behandelt wurden, geringere Werte als die Vergleichsgruppe auf. Somit kann eine generelle sagittale Entwicklungshemmung nicht beobachtet werden, aber einen Trend zu einer vertikalen Wachstumshemmung. Hier im Vergleich die aktuellen Durchschnittsergebnisse der zusammengefassten Headgearuntersuchung:

Tab. 5: Oberkieferveränderung – Headgear gesamt - Wertetabelle 1

ges	HG-VG	33ges	33HG	143FRS	40VG	228FRS		
Alter (a)	SNA (°)		NL-NSL (°)		Pm-Spa (NL; mm)		N-A (mm)	
	HG	VG	HG	VG	HG	VG	HG	VG
10	81,66	79,47	8,79	10,27	49,42	47,97	49,68	50,82
11	81,45	79,05	9,12	10,29	50,99	49,77	51,12	52,20
12	80,41	79,18	8,33	10,10	50,13	50,49	51,92	53,77
13	81,77	78,48	9,55	10,20	53,01	50,73	53,25	54,75
14	80,55	79,03	8,45	9,66	51,57	52,15	54,33	55,62
15	80,10	77,84	8,72	8,54	52,68	51,62	54,27	56,17
16	80,98	79,59	8,13	8,74	53,51	51,00	55,01	53,90
17	81,29	78,60	5,79	10,37	54,95	53,54	53,65	56,29

Tab. 6: Oberkieferveränderung – Headgear gesamt – Wertetabelle 2

ges	HG-VG	33ges	33HG	143FRS	40VG	228FRS
Alter (a)	Pm-N (mm)		S Lot/Pm-N (mm)		APmS (°)	
	HG	VG	HG	VG	HG	VG
10	63,83	64,63	38,44	37,77	121,78	123,58
11	65,70	66,93	39,22	38,06	121,67	121,03
12	67,01	68,08	40,20	39,32	120,60	122,21
13	68,04	68,95	40,50	39,66	121,29	121,77
14	68,76	70,29	41,49	40,54	120,94	120,57
15	70,01	71,49	40,88	41,92	119,07	120,51
16	70,64	68,53	41,99	40,54	119,66	121,71
17	70,46	71,49	41,52	41,00	116,67	121,20

KLEIN stellte bei einem zervikalen Headgear eine Verkleinerung des Winkels SNA und eine Distalverlagerung des Punktes A fest [57] und RICKETTS beobachtete eine distale und posteriore Entwicklungshemmung des Maxillakomplexes bei zervikalem Kraftvektor [61]. Ebenfalls konnte POULTON eine posteriore Veränderung bei einem zervikalen Headgear bestätigen [85]. Generell können extraorale Kräfte das Wachstum hemmen, da man aber nicht prognostizieren kann, wie der einzelne Patient individuell, ohne den subtrahierenden Effekt eines Headgear, gewachsen wäre, lässt sich eine hemmende Veränderung nur sehr schwierig nachweisen und darstellen. In der vorliegenden Studie kann daher eine Distalveränderung nicht vollständig nachgewiesen werden. Die mit einem zervikalen Headgear behandelte Gruppe zeigt hierbei sogar höhere SNA Winkelwerte und die Strecken Pm-Spa (NL) und Pm-A verlängern sich. Durch die Vergrößerung der Strecke S-Pm und der gleichzeitigen Verringerung der Strecken Pm-N und N-A gegenüber der Vergleichsgruppe zeigt sich eine Verlängerung des Oberkiefers mit posteriorer Zunahme der oberen „Gesichtshöhe“ und gleichzeitiger anteriorer Oberkieferrotation beim Gebrauch eines zervikalen Headgear. Dies wurde dentoalveolär durch eine wachstumshemmende Wirkung der Strecke Sp-Pr am anterioren Alveolarfortsatz noch verstärkt.

Hierbei ist zu beachten, dass oft auch durch Kombination mit anderen Therapiegeräten der wachstumsbeeinflussende Effekt des Headgears verschleiert wird oder es zu gar keiner Wachstumsbeeinflussung kommt. So konnten YANLI ET AL. bei einer Untersuchung von erwachsenen Patienten, die mit Gaumennahterweiterungsapparaturen behandelt worden sind, keine signifikanten skelettalen Veränderungen in sagittaler und vertikaler Ausdehnung feststellen [119]. Somit führen orthopädische Geräte nicht grundsätzlich zu einer Wachstumsbeeinflussung. BAUMRIND ET AL. zeigten beim zervikalen Headgear ein größeres distales Displacement der Maxilla als bei einem vertikal-zervikalen Headgear [7] und BROWN stellte eine größere SNA Winkelreduktion beim zervikalen gegenüber dem vertikal-zervikalen Kraftansatz fest [23]. Auch KUHN konstatierte neben einer distalen Bewegung bei zervikalen

Kräften zusätzlich auch eine Rotation der Maxilla bei okzipitalem Kraftansatz [61]. In der aktuellen Untersuchung muss man beachten, dass ein direkter Vergleich aufgrund der niedrigen Datenmenge nur gering aussagekräftig ist. Hierbei stellt man bei den Strecken Sp-Pm (NL) und Pm-N eine tendenziell geringere Längenzunahme bei der Gruppe mit vertikal-zervikalen Headgear fest als bei der Gruppe mit zervikalen Headgear. Der Winkel SNA wird bei der Gruppe mit zervikalen Headgear gar nicht oder kaum wachstumshemmend beeinflusst, als dies bei der Gruppe mit vertikal-zervikaler Krafttrichtung der Fall ist. Somit wird ein größeres Displacement beim zervikalen Headgear bestätigt. Die Strecke S-Pm zeigt beim kombinierten Gerät einen leichten entwicklungshemmenden Einfluss im Vergleich zu Patienten mit einem zervikalen Gerät, so dass man davon ausgehen kann, dass der vertikal-zervikale Headgear eine etwas größere anteriore Rotation verursachen kann.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Holographiemethoden zur Schädeluntersuchung durch BURSTONE und PRYPUTNIEWICZ entwickelt [24,25,87], mit denen KRAGT, DUTERLOO und ALGRA Wachstumsstudien an menschlichen Schädeln bezüglich Headgearbeeinflussung durchführten. Hierbei wurde festgestellt, dass die angewandte Krafttrichtung nicht genau dem resultierenden Displacement entspricht [60]. Jeder Mensch besitzt ein individuelles Entwicklungsmuster, das auf extraorale Kräfte unterschiedlich mit verändertem Wachstum reagiert und dabei die therapeutische Prognose erschwert.

Generell wirken sich beim zervikalen Headgear Kräfte abscherend auf die zygomatico-maxilläre Sutur, spannend auf die frontomaxilläre Sutur und komprimierend auf die pterygopalatinale Sutur aus [72]. Beim Gebrauch des zervikalen Headgears lässt sich eine Tendenz zum offenen Biss erkennen [109]. Hierbei führt der dorsale Kraftansatz mit dorso-kaudalen Vektor zu einer Einschränkung des vorderen Maxillaanteils [48], was schließlich dann zu einer anterioren Rotation führt [53,79]. Diese anteriore Rotation wird auch in der gegenwärtigen Untersuchung beobachtet. Durch Verlängerung der Strecke S-Pm und der gleichzeitigen Verkürzung der Strecken Pm-N und N-A kommt es dabei zur anterioren Rotation. Dies steht im Gegensatz zu den Aussagen von ZENTNER ET AL. die eine generelle posteriore Rotation des Oberkiefers beim Gebrauch des zervikalen Headgear beobachtet haben [120] und TEUSCHER, der unter Verwendung eines vertikal-zervikalen Headgear einen Wechsel von posteriorer Rotation bei distalem und anteriorer Rotation bei mesialem Kraftansatz feststellte [109]. Dabei wird beim distalen Kraftansatz eine Kompression aller drei primären Suturen des maxillären Komplexes durchgeführt, was diese posteriore Rotation verursacht [4,23,72].

Die Rotation ist oft begleitet mit einem sich verringernden Winkel SNA [57,85], was in der aktuellen Studie sich nur tendenziell beim vertikal-zervikalen Headgear darstellt. Generell gilt

beim Gebrauch eines zervikalen Headgear die Verringerung des Winkels SNA und die allgemeine sagittale Wachstumshemmung als bewiesen [1,4,36,59,67,88,91,93,117], was aber in der aktuellen Untersuchung nicht bestätigt wird. Es zeigt sich sogar der gegenteilige Effekt. PFEIFFER und GROBERTY stellten bei einer Kombination aus einem Aktivator und einem zervikalen Headgear eine noch größere signifikante SNA-Winkelreduktion von über 2° im Sinne einer Wachstumshemmung in der Sagittalen fest. Dabei wird diese Veränderung in einem kürzeren Zeitraum und effizienteren Maß erreicht im Vergleich zu einer reinen zervikalen Headgearbehandlung [84]. Darüber hinaus berichtete TEUSCHER in einer weiteren Untersuchung, dass eine Änderung einer Dimension im dreidimensionalen Gesichtsaufbau Konsequenzen für die beiden anderen Dimensionen mit sich bringt. Somit verursacht der zervikale Headgear mit leicht angehobenen Außenarmen eine verminderte Entwicklung in der Sagittalen, was wiederum zu einer Beschleunigung der Vertikalentwicklung des gesamten nasomaxillären Komplexes führt [108]. In der vorliegenden Untersuchung wird keine sagittale Wachstumshemmung festgestellt. Es zeigt sich jedoch eine Verlängerung der Strecken S-Pm, Pm-N und S Lot/Pm-N was man als Veränderung in der Vertikalen interpretieren kann. Hier im Vergleich die aktuellen Durchschnittsergebnisse der zervikalen Headgearuntersuchung:

Tab. 7: Oberkieferveränderung – Headgear zervikal – Wertetabelle 1

zer	HG-VG	23zer	23HG	98FRS	40VG	228FRS		
Alter (a)	SNA (°)		NL-NSL (°)		Pm-Spa (NL; mm)		N-A (mm)	
	HG	VG	HG	VG	HG	VG	HG	VG
10	84,46	79,46	7,64	10,27	49,82	47,97	47,42	50,82
11	80,08	79,05	9,83	10,29	49,99	49,77	51,29	52,20
12	78,62	79,17	8,75	10,10	49,60	50,48	52,52	53,76
13	81,17	78,48	9,58	10,20	52,33	50,73	53,50	54,75
14	80,55	79,02	8,40	9,66	52,14	52,15	53,74	55,61
15	79,83	77,83	8,85	8,54	53,13	51,62	54,13	56,17
16	81,51	79,59	8,07	8,74	54,66	51,00	55,12	53,89
17	82,23	78,60	4,17	10,37	55,56	53,54	52,37	56,28
18	78,63	78,61	6,91	10,75	56,31	46,74	56,55	54,27

Tab. 8: Oberkieferveränderung – Headgear zervikal – Wertetabelle 2

zer	HG-VG	23zer	23HG	98FRS	40VG	228FRS
Alter (a)	Pm-N (mm)		S-Pm (mm)		S Lot/Pm-N (mm)	
	HG	VG	HG	VG	HG	VG
10	62,19	64,63	41,13	39,79	39,19	37,76
11	65,76	66,92	40,96	40,64	38,43	38,05
12	68,22	68,07	42,82	41,84	40,09	39,31
13	68,19	68,95	43,17	42,48	40,42	39,65
14	68,86	70,29	43,98	43,71	41,29	40,54
15	70,16	71,48	43,93	45,02	41,11	41,91
16	69,89	68,52	45,39	43,25	42,59	40,53
17	70,75	71,48	46,03	43,87	42,90	41,00
18	74,31	66,41	46,07	44,20	42,92	42,26

Bei höheren orthopädischen Kräften auf die Maxilla kann nach RICKETTS die NL-Linie verändert werden. Der A-Punkt wird dabei nach posterior verschoben und es kommt zu einer Retraktion des Punktes Spa [91]. In der gegenwärtigen Untersuchung zeigen jedoch die Strecken Pm-Spa (NL) und Pm-A eine Verlängerung, so dass dies nicht bestätigt wird. SANDUSKY stellte beim Gebrauch eines zervikalen Headgear eine Änderung der Wachstumsrichtung durch eine Bewegung nach kaudal des vorderen Anteil der Linie NL fest. Bei jüngeren Patienten ergab sich eine posteriore Rotation des Winkels NL-NSL [93]. In der vorliegenden Untersuchung wird jedoch eine Verringerung des Winkelwertes von NL-NSL festgestellt. Direktes distales Displacement ist nach STOREY wegen der Lokalisation der Suturen und der direkten Kraftwirkung der Maxilla auf die Tuberebene gegen den sphenookzipitalen Pfeiler am schwierigsten zu erreichen [106]. Trotz der sagittalen Wachstumshemmung des Nasions lässt eine Verkleinerung des SNA-Winkels vermuten, dass die sagittale Veränderung nicht nur gebremst wurde, sondern dass der Oberkiefer auch noch nach dorsal bewegt wurde, worauf RICKETTS und ABBÜHL hingewiesen haben [1,91], hier aber nicht bestätigt wird. CHACONAS ET AL. stellten fest, dass sowohl der vertikal-zervikale als auch der zervikale Headgear Spannungen an den kraniofazialen Suturen erzeugt, wobei die Spannungen durch den zervikalen Headgear höher und stärker sind. Dabei werden der pterygoide Anteil des Os sphenoid, das Os zygomaticus, die Verbindung der Maxilla mit dem Os lacrimale und das Os ethmoidale beeinflusst. Hierbei beeinflusst aber nur der zervikale Headgear den frontalen Prozess der Maxilla und die zygomaticofrontalen Suturen [27]. Hier im Vergleich die Durchschnittswerte der vorliegenden vertikal-zervikalen Headgearstudie:

Tab. 9: Oberkieferveränderung – Headgear vertikal-zervikal - Wertetabelle 1

verzer	HG-VG	10verzer	10HG	45FRS	40VG	228FRS		
Alter (a)	SNA (°)		NL-NSL (°)		Pm-Spa (NL; mm)		N-A (mm)	
	HG	VG	HG	VG	HG	VG	HG	VG
10	80,91	79,47	8,77	10,27	49,68	47,97	51,57	50,82
11	82,72	79,05	8,22	10,29	51,66	49,77	51,12	52,20
12	84,13	79,18	8,16	10,10	50,52	50,49	48,64	53,77
13	83,57	78,48	9,59	10,20	56,52	50,73	52,26	54,75
14	81,75	79,03	7,64	9,66	51,35	52,15	55,37	55,62
15	81,58	77,83	8,15	8,54	46,84	51,62	54,65	56,17
16	78,78	79,59	8,37	8,74	47,76	51,00	54,74	53,90
17	81,14	78,60	8,46	10,37	53,98	53,54	51,57	50,82

Tab. 10: Oberkieferveränderung – Headgear vertikal-zervikal – Wertetabelle 2

verzer	HG-VG	10verzer	10HG	45FRS	40VG	228FRS
Alter (a)	Pm-N (mm)		S-Pm (mm)		APmS (°)	
	HG	VG	HG	VG	HG	VG
10	65,16	64,63	41,69	39,79	121,55	123,58
11	65,74	66,93	42,55	40,64	122,03	121,03
12	62,81	68,08	41,38	41,85	123,93	122,21
13	67,89	68,95	42,61	42,49	122,93	121,77
14	68,56	70,29	46,33	43,72	120,25	120,57
15	68,68	71,49	45,34	45,02	116,16	120,51
16	68,52	68,53	44,21	43,25	115,60	121,71
17	70,58	71,49	45,08	43,88	116,73	121,20

Frühere Untersuchungen mit extraoralen Kräften in Form eines zervikalen Headgears ergaben eine Reduktion des SNA-Winkels durchschnittlich von etwa 1° pro Jahr [1,4,20,36,70,92, 111,114]. Hierbei ist anzumerken, dass Vergleiche schwierig zwischen den Headgeararten, Tragedaten, angewendete Kräfte, Außenarme und Angulationen zu treffen sind.

WICHELHAUS und SANDER beschrieben die Effekte eines vertikal-zervikalen Headgears in Kombination mit der Vorschubdoppelplattentechnik. Bei einer unbehandelten Vergleichsgruppe vergrößerte sich der SNA-Winkel um insgesamt 0,36°, bei einer behandelten Gruppe ergab sich eine Reduktion um insgesamt 1,67° und um jährlich 1,43°. Beim NSL-NL-Winkel ergab sich bei der Kontrollgruppe eine Zunahme von insgesamt 0,19° und um jährlich 0,10°. Bei der behandelten Gruppe zeigte sich eine Zunahme von insgesamt 1,26° und um jährlich 1,08° [116]. FRISLID und RAKOSI stellten eine Verringerung des Winkels SNA um insgesamt 0,8° beim Gebrauch eines zervikalen Headgear fest [36]. Bereits RICKETTS konnte in seinen Untersuchungen eine Reduktion des Winkels SNA um etwa -3° während einer zervikalen Headgearbehandlung, gegenüber einer Erhöhung um etwa +1° ohne kieferorthopädische Behandlung, darlegen. Dabei wurde durch den Headgear der Winkel SNA um ca. -2,7° und das natürliche Wachstum um ca. -0,3° reduziert, was den Gesamtwert von ca. -3,0° ergibt [91]. GODT ET AL. zeigte eine Reduktion des Winkels SNA zwischen -0,51° und -1,29°. Sie konnten daher einen Verzicht des zervikalen Headgears nach neueren Empfehlungen nicht zustimmen [40]. JONAS berichtete bei einem horizontalen Wachstumsmuster von einer Reduktion des Winkels SNA um -1,0° und bei einem vertikalen Wachstumsmuster von -1,4° [51]. Insgesamt reicht die Spannweite der Reduktion des Winkels SNA von -0,8° und -3,0° aus Untersuchungen vergangener Jahre. Hierbei ist zu beachten, dass auch die Angulation der Außenarme einen Einfluss auf die Kraftapplikation widerspiegelt, wobei sich unterschiedliche SNA Winkelwerte ergeben [70]. Auch wird von mehreren Autoren eine erkennbare Vergrößerung der Oberkieferinklination in Relation zur Referenzlinie Sella-Nasion (S-N) beschrieben, die als relative Kaudalverlagerung des anterioren Oberkiefers

interpretiert wird [1,5,6,16,36,57,59,72,91]. In der aktuellen Studie kann die generelle Reduktion des Winkels SNA, sowie die kaudale Verlagerung nicht nachgewiesen werden, es zeigt sich sogar der gegenteilige Effekt. Generalisierend muss aber beachtet werden, dass mit den vorliegenden Headgearmodellen, je nach Art der Zugrichtung, sowohl anteriore, als auch posteriore Kippungen sowie Distalisationen, Protrusionen und Intrusionen, Extrusionen verursacht werden können. Somit ist eine allgemeine darstellende Veränderung schwierig zu proklamieren [86].

Bei der deskriptiven Beobachtung der Headgearpatienten ebenso wie bei den Patienten der Vergleichsgruppe zeigt sich zwischen den individuellen Ergebnissen eine hohe Varianz. Bei der longitudinalen Betrachtung der einzelnen Patienten aus der Headgeargruppe stellt sich der Winkel ANB am stärksten, der Winkel SNA etwas geringer und der Winkel SNB am wenigsten beeinflusst dar. Die beobachteten Differenzen der Werte zwischen Beginn und Ende der Gesamtbehandlung variieren mehrheitlich zwischen $-2,0^\circ$ und $+2,0^\circ$. Bei den Winkeln NL-NSL und ML-NSL erscheint ebenfalls eine Variation zwischen $-2,0^\circ$ und $+2,0^\circ$. Die Strecken Pm-Spa (NL), N-A, Pm-N, Pm-A, S-Pm und S Lot/Pm-N erfahren eine generelle Wertzunahme zwischen $+2,0\text{mm}$ und $+4,0\text{mm}$ unter Anwendung des Headgears innerhalb des Beobachtungszeitraums der kieferorthopädischen Gesamttherapie, bei der Vergleichsgruppe liegen diese Werte etwas höher. Hier im Überblick die durchschnittlichen Mittelwerte der Headgearuntersuchungen:

Tab. 11. Headgear – Vergleichsgruppe - Mittelwerttabelle

Patienten	33 Headgear – 40 Vergleichsgruppe									66 FRS – 80 FRS		
	Alter (a)	SNA (°)	SNB (°)	ANB (°)	NL-NSL (°)	ML-NSL (°)	Pm-Spa (NL; mm)	N-A (mm)	Pm-N (mm)	Pm-A (mm)	S-Pm (mm)	SLot/Pm-N (mm)
zerHG- $\Delta\emptyset$ 3,4	0,0	0,4	-0,6	0,1	-1,0	2,7	3,5	3,5	2,1	2,4	1,8	
v/zHG- $\Delta\emptyset$ 3,2	-0,5	-0,8	0,2	0,7	0,9	2,1	2,2	2,3	1,5	0,9	0,2	
gesHG- $\Delta\emptyset$ 3,3	-0,2	0,1	-0,3	0,1	-0,4	2,5	3,1	3,1	1,9	1,9	1,3	
w-VG- $\Delta\emptyset$ 4,3	-0,6	0,8	-1,4	0,7	-0,7	2,5	2,1	2,7	1,0	1,8	1,5	
m-VG- $\Delta\emptyset$ 4,1	-0,2	0,9	-1,1	-1,3	-1,8	3,7	4,5	6,2	2,8	4,5	3,3	
gesVG- $\Delta\emptyset$ 4,2	-0,4	0,9	-1,2	-1,0	-1,3	3,1	3,3	4,5	1,9	3,2	2,4	
zHG-VG- $\emptyset\Delta$ -0,8	0,4	-0,5	0,6	1,1	0,3	-0,4	0,2	-1,0	0,2	-0,8	-0,6	
vHG-VG- $\emptyset\Delta$ -1,0	-0,1	-1,7	1,4	1,7	2,2	-1,0	-1,1	-2,2	-0,4	-2,3	-2,2	
gHG-VG- $\emptyset\Delta$ -0,9	0,2	-0,8	0,9	1,1	0,9	-0,6	-0,2	-1,4	0,0	-1,3	-1,1	

Tab. 11 zeigt die durchschnittlichen Differenzen der einzelnen Headgearstudien. In den ersten 3 Zeilen werden die Mittelwertdifferenzen der einzelnen Headgearanalysen und anschließend in den nächsten 3 Zeilen die Mittelwertdifferenzen der Vergleichsgruppe dargestellt. In den letzten 3 Zeilen werden die Differenzen zwischen den Headgearstudienmittelwerten und den Vergleichsgruppenmittelwerten aufgezeigt.

Beim Gebrauch des vertikal-zervikalen Headgear zeigt sich eine minimal größere Differenz der Winkel SNA und SNB gegenüber dem Gebrauch des zervikalen Headgear bei in etwa gleichmäßiger Zunahme der Strecken Pm-Spa (NL), N-A, Pm-N, Pm-A, S-Pm und S Lot/Pm-N.

Im direkten Vergleich zur Vergleichsgruppe stellt sich bei der Gruppe, die mit einem zervikalen Headgear behandelt wurde, eine minimale Winkelreduktion des SNB und minimaler Zunahme der Winkel SNA und ANB dar, bei ebenfalls minimaler Abnahme der Strecken Pm-Spa (NL), Pm-N, S-Pm, und S Lot/Pm-N. Auch beim Gebrauch des vertikal-zervikalen Headgears zeigt sich in Relation zur Vergleichsgruppe eine Reduktion des Winkels SNB bei gleichzeitiger Zunahme des Winkels ANB und einer mäßigen Reduktion der Strecken Pm-Spa (NL), N-A und Pm-A und einer stärkeren Reduktion der Strecken Pm-N, S-Pm und S Lot/Pm-N. Diese Abnahmen stellen sich hierbei größer dar als bei der zervikalen Headgearuntersuchung. Somit kommt es beim vertikal-zervikalen Headgear zu einer Intrusion des posterioren Bereiches des Oberkieferkomplexes mit dadurch resultierender Autorotation der Mandibula, was bei einem vertikalen Gesichtstyp therapeutisch erwünscht ist. In einem zusammengefassten Headgearvergleich mit zervikalen und vertikal-zervikalen Geräten zeigt sich eine minimale Abnahme des Winkels SNB, eine geringe Zunahme des Winkels ANB und Reduktionen der Strecken Pm-Spa (NL), N-A, Pm-N, S-Pm und S Lot/Pm-N. Somit lässt allgemein der Gebrauch des Headgears in der vorliegenden Studie bei einer individuellen deskriptiven Betrachtung teilweise einen wachstumshemmenden Effekt auf den maxillären Komplex erkennen, der sich aber nicht bei allen Studienteilnehmern feststellen lässt.

7. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend zeigt die Veränderung im maxillären Bereich bei Mädchen und Jungen zwischen 9 und 16 Jahren eine stetige Entwicklungszunahme, die sich anschließend leicht verlangsamt. Der männliche Kurvenverlauf ist meist steiler. Durchschnittlich vergrößert sich der Winkel **SNA** relativ konstant und ist bei den Mädchen meist um etwa 1° größer. Dieser Unterschied steigert sich im Jugendalter tendenziell noch. Der Winkel **NS-NSL** vergrößert sich bei den Mädchen leicht, wohingegen er bei den Jungen, eher persistiert. Bis etwa 12 Jahren ist der Winkel bei Jungen größer, bis dann die gleichaltrigen

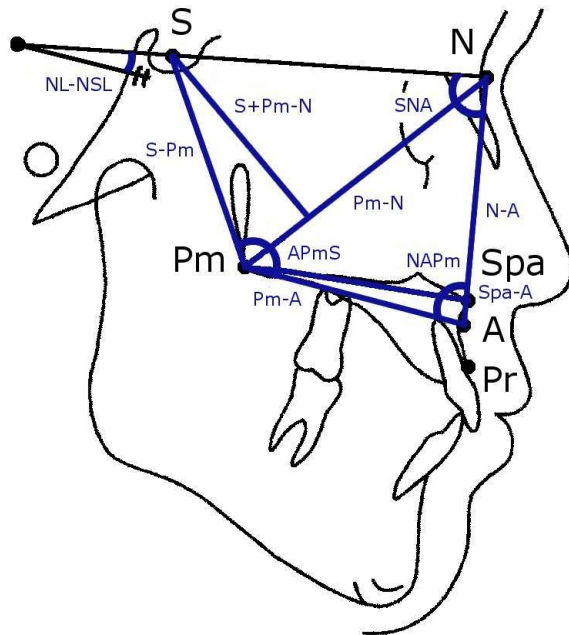


Abb. 102: Maxilläre Veränderung

Mädchen mit einer Wertezunahme überholen. Die Strecke **Pm-Spa (NL)** steigt allgemein gleichmäßig an. Dabei liegen die Werte der Jungen etwa um 1mm über den Werten der Mädchen. Die Strecke **Pm-A** zeigt eine Vergrößerung bei beiden Geschlechtern, wobei die Jungen höhere Werte aufweisen. Ab etwa dem 12. Lebensjahr zeigen die Mädchen tendenziell stagnierende Werte, wohingegen sich bei den Jungen eine Streckenzunahme noch bis etwa 18 Jahren darstellt. Die Strecke **S-Pm** wächst bei Jungen stärker und zeigt bei beiden Geschlechtern ab etwa 16 Jahren wieder einen Trend zur Stagnation. Beide Geschlechter zeigen eine konstante Vergrößerung der Strecke **N-A**, wobei die Jungen höhere Längen besitzen. Zu einer Stagnation der Wachstumsintensität kommt es etwa ab 13 Jahren bei den Mädchen und etwa ab 15 Jahren bei den Jungen. Die Strecke **Sp-A** weist bei beiden Geschlechtern stetige Zunahmen auf, die ab etwa 16 Jahren in konstante Werte übergehen. Bei der Strecke **Pm-N** stellt sich eine gleichbleibende Vergrößerung von etwa 9 bis 16 Jahren dar. Die Jungen zeigen hierbei eine deutlich höhere Wachstumsintensität im Vergleich zu der insgesamt flacheren und früher abflachenden Entwicklung der gleichaltrigen Mädchen. Bei der Länge **S Lot/Pm-N** haben die Jungen eine steilere Entwicklungskurve und beim Winkel **NAPm** zeigen sie eine Wertzunahme, wohingegen die gleichaltrigen Mädchen eine Abnahme aufzeigen. Somit kann man sagen, dass die Jungen stärker und schneller in der Vertikalen wachsen als die Mädchen, die mehr in die Horizontale und insgesamt weniger wachsen.

Bei der Headgearbehandlung wurde zwischen einer Headgeargruppe, die zervikale und vertikal-zervikale Headgear zusammengefasst beinhaltet und separat zwischen einer zervikalen und einer vertikal-zervikalen Headgeargruppe unterschieden. Hierbei war nur eine geringe Datenmenge vorgelegen, so dass die Ergebnisse differenziert interpretiert werden müssen. Demnach ist der von vielen Autoren beschriebene wachstumshemmende Effekt nicht nachgewiesen worden, sondern es hat sich sogar eine teilweise stimulierende Wirkung gezeigt. Bei der longitudinalen Betrachtungsweise der einzelnen Patienten zeigt der Gebrauch des Headgears individuell teilweise einen wachstumsreduzierenden Effekt, was aber nicht allgemein für alle Studienteilnehmer festzustellen ist. Da man das mögliche maximale Ausmaß des individuellen Wachstums der behandelten Patienten aber nicht kennt und speziell auch aus dem retrospektiven Blickwinkel dieser Studie nicht eine objektive Aussage zur Therapiecompliance der Patienten machen kann, kann man auch nur schwierig definitive Aussagen über einen hemmenden Wachstumseinfluss des Headgears treffen.

Gemeinsam ist bei allen Headgearmodellen, dass der Winkel **SNA** während des Entwicklungsverlaufs konstant um etwa 2° höhere Werte aufweist als die Vergleichsgruppe mit etwa gleich bleibenden Werten. Der Winkel **NL-NSL** zeigt bei der behandelten Gruppe eine tendenzielle Abnahme gegenüber der Vergleichsgruppe, deren Werte konstant bleiben und insgesamt höher liegen. Die Strecken **Pm-Spa (NL)** und **S-Pm** verlängern sich konstant mit höheren Ergebnissen als die Vergleichsgruppe. Bei dem Abstand **N-A** liegt die behandelte Gruppe bei konstanter Verlängerung um etwa 1° unter den Werten der skelettal unbeeinflussten Gruppe. Zudem zeigt sich bei der Gruppe mit einem Headgear ab etwa 16 Jahren eine leicht rückläufige Werteentwicklung gegenüber der Gruppe ohne Headgear mit gleich bleibenden Werten. Bei der Strecke **Pm-N** zeigt sich bei beiden Gruppen eine sehr konstante Wertesteigerung im Laufe der Entwicklung, wobei die behandelte Gruppe konstant unter den Ergebnissen der skelettal unbeeinflussten Gruppe liegt. Die Länge **S Lot/Pm-N** ist bei der Gruppe mit einem Headgear generell größer und nimmt zunehmend höhere Werte an, als die der Gruppe ohne Gerät. Bei dem Winkel **APmS** stellt sich eine konstante Verringerung, sowohl bei der behandelten, als auch bei der skelettal unbeeinflussten Gruppe dar, wobei die Gruppe mit einem Headgear kleinere Werte besitzt als die Vergleichsgruppe. Somit kann die Frage nach einer Rotation nicht genau beantwortet werden, so dass eher eine leichte Tendenz zu einer vertikalen Wachstumshemmung mit leichter anteriorer Rotationsrichtung zu beobachten ist.

In der vorliegenden Studie ist nochmals zwischen zervikalen und vertikal-zervikalen Headgear unterschieden worden. So zeigt ein zervikaler Headgear eine Vergrößerung des Winkels

SNA und eine gemäßigte Verkleinerung des Winkels **NL-NSL** gegenüber der Vergleichsgruppe. Zugleich vergrößern sich die Strecken **Pm-Spa (NL)**, **Pm-A** und **S-Pm** mit konstanter Zunahme bei beiden Gruppen, wobei beim zervikalen Headgear höhere Werte beobachtet werden, was zu einer Oberkieferverlängerung bei gleichzeitiger posteriorer Zunahme der oberen „Gesichtshöhe“ führt. Die Länge **S Lot/Pm-N** nimmt bei der behandelten Gruppe, bei einer insgesamt zügigeren Längenzunahme, höhere Werte an gegenüber der skelettal unbeeinflussten Gruppe. Bei der behandelten Gruppe zeigen die Strecken **N-A** und **Sp-Pr** geringere und die Strecke **Pm-N** etwas geringere Werte als die Vergleichsgruppe bei konstanter Längenzunahme, was zu einer anterioren Rotation führt. Somit scheint ein zervikaler Headgear die Entwicklung der anterioren Gesichtshöhe und das anteriore Alveolarwachstum zu hemmen.

Bei der Untersuchung mit einem vertikal-zervikalen Headgear zeigen sich ähnliche Veränderungen. Hierbei weist die behandelte Gruppe höhere **SNA** Winkelwerte gegenüber der skelettal unbeeinflussten Gruppe auf. Dabei zeigen beide Versuchsgruppen eine leichte Abnahme der Werte im Entwicklungsverlauf. Beim Winkel **NL-NSL** stellt sich ebenfalls eine leichte Reduktion im Entwicklungsgeschehen dar, wobei hierbei die behandelte Gruppe niedrigere Werte aufweist als die Vergleichsgruppe. Die Strecke **Pm-Spa (NL)** zeigt bei der behandelten Gruppe bei gleichmäßiger Wertzunahme eine tendenziell geringere Steigung gegenüber der Vergleichsgruppe. Durch die Behandlung wird die Strecke **S-Pm** bei gleichmäßigem Wertzuwachs etwas gehemmt gegenüber der Vergleichsgruppe bei gleichzeitiger Verringerung der Längenzunahme von den Strecken **N-A** und **Pm-N** und einer Reduktion des Winkels **APmS** bei der Gruppe mit vertikal-zervikalen Headgear. Auch hier zeigt sich eine anteriore Rotation. Somit kann bei der vorliegenden Untersuchung keine oder nur eine minimale wachstumshemmende Wirkung nachgewiesen werden.

8. Zusammenfassung

Im Zuge einer großen Datendigitalisierung wurde eine kephalometrische Oberkieferwachstumsanalyse durchgeführt. Es wurden 1536 Patientenakten mit 5995 FRS-Röntgenbilder und 6266 Polaroidbilder digitalisiert archiviert. Dabei wurden 702 Patienten, die mit Apparaturen behandelt wurden, die keine skelettale Beeinflussung verursachten, mit 2992 FRS-Röntgenbilder, 33 Headgearpatienten, die skelettal beeinflusst wurden, mit 143 FRS-Röntgenbilder und eine Headgear-Vergleichsgruppe aus 40 skelettal unbeeinflusster Patienten mit 228 FRS-Röntgenbilder ausgewählt. In einem Analyseprogramm wurden bei jedem einzelnen FRS 55 Referenzpunkte gesetzt und dabei entwicklungsrelevante Abstände und Winkel berechnet. Bei der statistischen Auswertung sind die FRS-Röntgenbilder in Halbjahresgruppen eingeteilt und retrospektiv in einer Querschnittsstudie miteinander verglichen worden.

Dabei wurden allgemeine Veränderungen des maxillären Komplexes anhand einer großen skelettal unbeeinflussten Patientengruppe zwischen Mädchen und Jungen unterschieden. Es konnte hierbei ein geschlechterspezifischer Unterschied bezüglich der Intensität des Wachstums und den absoluten Werten gefunden werden. Demnach entwickelt sich der Winkel SNA bei beiden Gruppen im Laufe der Entwicklung konstant, wobei die Mädchen um etwa 1° größere Werte aufweisen. Beim Winkel NL-NSL ergibt sich bei den Mädchen eine leichte Vergrößerung, wohingegen der Winkel bei den Jungen eher persistiert. Die Strecke Pm-Spa (NL) steigt stetig an, wobei hier die Jungen etwa 1mm längere Streckenabstände besitzen, sowie allgemein höhere Werte bei den Strecken S-Pm, N-A und Pm-N gegenüber den Mädchen zeigen. Hierbei weist die Strecke S-Pm ab etwa 16 Jahren bei beiden Geschlechtern einen Trend zur Stagnation auf. Die Zunahme der Strecke N-A stagniert ebenfalls ab etwa 13 Jahren bei den Mädchen und ab etwa 15 Jahren bei den Jungen sowie bei der Strecke Sp-A ab 16 Jahren bei beiden Gruppen konstante Werte erreicht werden. Bei Mädchen wächst die Strecke Pm-A bis etwa dem 12. Lebensjahr stetig und geht dann tendenziell in persistierende Werte über, wohingegen bei den Jungen die Strecke Pm-A sich noch bis etwa 18 Jahren verlängert. Allgemein zeigt das Wachstum bei Jungen und Mädchen meist zwischen 9 und 16 Jahren eine stetige Zunahme, die dann in eine leichte Rezession übergeht. Die Kurve der Jungen ist überwiegend steiler.

In einer weiteren Untersuchung wurde der Einfluss eines Headgeargerätes auf die maxilläre Veränderung untersucht und mit der Entwicklung einer Vergleichsgruppe, die nicht skelettal beeinflusst wurde, in Beziehung gesetzt. Hierbei wurde zwischen einer Headgeargruppe, die zervikale und zervikal-vertikale Headgear zusammengefasst beinhaltet und separat zwischen einer zervikalen und einer zervikal-vertikalen Headgeargruppe unterschieden. Aufgrund einer

geringen Anzahl an behandelten Patienten sind die Ergebnisse differenziert zu interpretieren. Generalisierend lässt sich feststellen, dass entgegen früheren Untersuchungen eine allgemeine Wachstumshemmung in der vorliegenden Studie nicht bestätigt wird. Es zeigt sich zwar beim Gebrauch des Headgears bei der longitudinalen Betrachtungsweise der einzelnen Patienten individuell teilweise ein wachstumsreduzierender Effekt, was aber nicht allgemein für alle Studienteilnehmer festzustellen ist. Aufgrund der Tatsache, dass man das mögliche maximale Ausmaß des individuellen Wachstums der behandelten Patienten nicht kennt und auch nicht vorhersagen kann, fällt es schwer definitive Prognosen über einen hemmenden Wachstumseinfluss des Headgears zu treffen.

Gemeinsam ist bei allen Headgeararten, dass der Winkel SNA höhere Werte und die Winkel NL-NSL und APmS geringere Werte als die Vergleichsgruppe zeigen. Die Strecken Pm-Spa (NL), S-Pm und S Lot/Pm-N steigen konstant bei höheren Werten als die der Vergleichsgruppe an, gegenüber den Strecken N-A und Pm-N, die bei gleichmäßigem Wertezuwachs, unter den Ergebnissen der Vergleichsgruppe liegen. Somit kann man eine Tendenz zu einer vertikalen Wachstumshemmung mit anteriorer Rotationsrichtung erkennen.

Bei der mit einem zervikalen Headgear behandelten Gruppe vergrößert sich der Winkel SNA und zugleich verringert sich der Winkel NL-NSL gegenüber der Vergleichsgruppe, bei gleichzeitig sich verlängernden Strecken Pm-Spa (NL), Pm-A und S-Pm, was zu einer Verlängerung des Oberkiefers mit gleichzeitiger Zunahme der posterioren oberen „Gesichtshöhe“ führt. Hingegen verringern sich die Strecken N-A, Spa-Pr und Pm-N, bei denen mit einem zervikalen Headgear behandelten Patienten, was wiederum eine anteriore Rotation induziert. Dabei scheint ein zervikaler Headgear die Entwicklung der anterioren Gesichtshöhe und das anteriore Alveolarwachstum tendenziell zu hemmen.

Die Untersuchung mit einem vertikalen und einem vertikal-zervikalen Headgear kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Hierbei zeigt der Winkel SNA größere Werte als die Vergleichsgruppe, jedoch im Entwicklungsverlauf eine leichte Abnahme der Werte. Die dabei vorhandene Wertverringering zeigt eine etwas stärker abnehmende Entwicklung als bei der unbehandelten Gruppe, wie dies auch beim Winkel NL-NSL zu beobachten ist, wobei hier die behandelte Gruppe niedrigere Werte als die Vergleichsgruppe aufweist. Beim vertikal-zervikalen Headgear beobachtet man eine tendenziell verringerte Steigung der Strecke Pm-Spa (NL), eine geringe Entwicklungshemmung der Strecke S-Pm und eine Verringerung der Strecken N-A und Pm-N gegenüber der Vergleichsgruppe. Somit ergibt sich auch hier eine anteriore Oberkieferrotation. Generalisierend weist diese Headgearuntersuchungsreihe keine oder nur minimale Indizien für einen wachstumshemmenden Effekt auf.

Da sich weder in der querschnittsmäßigen noch in der longitudinalen Betrachtung klare Aussagen über die Beeinflussung der kephalometrischen Werte aus dem maxillären Komplex bei Einsatz des Headgears treffen lassen, muss man selbst unter Berücksichtigung der Limitationen dieser Studie den Behandlern die Empfehlung aussprechen, für jeden Patienten individuell zu prüfen, ob nicht therapeutische Alternativen in Frage kommen könnten.

9. Literaturverzeichnis

1. Abbühl P. Die Wirkung des zervikalen Headgears auf das Facialskelett. Eine klinische Studie. *Inf Orthodont Kieferorthopädie* 1976;8:327–346.
2. Angle EH. Geraderichtung und Festhaltung unregelmäßig gestellter Zähne, 4. Auflage. Berlin: S. S. White Dental Manufacturing, 1897.
3. Bambha JK. Longitudinal cephalometric roentgenographic study of face in relation to body height. *J Am Dent Assoc* 1961;63:776-799.
4. Barton JJ. High-pull headgear vs. cervical traction: A cephalometric comparison. *Am J Orthodontics* 1972;62:517-529.
5. Baumrind S, Moffitt FH, Curry S. Three-dimensional x-ray stereometry from paired coplanar images: A progress report. *Am J Orthodontics* 1983;84:292–312.
6. Baumrind S, Moffitt FH, Curry S. The geometry of three-dimensional measurement from paired coplanar x-ray images. *Am J Orthodontics* 1983;84:313-322.
7. Baumrind S, Korn EL, Isaacson RJ, West EE, Molthen R. Quantitative analysis of the orthodontic and orthopedic effects of maxillary traction. *Am J Orthodontics* 1984;84:384–398.
8. Beckmann G, Wingberg J, Hasund A. Computergestützte Kephalemetrie in der Bergen-Technik. *Fortschritt Kieferorthopädie* 1983;44:359.
9. Björk A, *The Face in Profile*. Berlingska Boktryckeriet. Lund. Sweden. *J. Orthodontics* 1947;33:631-641.
10. Björk A. The significance of growth changes in facial pattern and their relationship to changes in occlusion. *Den Rec* 1951;71:197–208.
11. Björk A. Facial growth in man, studied with the aid of metallic implants. *Acta Odont Scand* 1955;13:9-34.
12. Björk A. Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Acta Odont Scand* 1966;24:109-127.
13. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum pubertal growth in the body height. *Angle Orthodontics* 1967;37:134–143.
14. Björk A, Skieller V. Growth of the Maxilla in Three Dimensions as Revealed Radiographically by the Implant Method. *Brit J Orthodontics* 1977;4:53–64.
15. Björk A, Skieller V. Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implantat studies over a period of 25 years. *Europ J Orthodontics* 1983;5(1):1-46.
16. Blueher WA. Cephalometric analysis of treatment with cervical anchorage. *Angle Orthodontics* 1959;29:45-53.
17. Braun S, Rudman, RT, Murdoch HJ, Hicken S, Kittleson R, Ferguson DJ. The C-axis: a growth vector for the maxilla. *Angle Orthodontics* 1999;69:539-542.

18. Broadbent BHSr. A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod* 1931;1:45-66.
19. Broadbent BHSr. The face of the normal child. *Angle Orthod* 1937;7:183–224.
20. Broadbent BHSr, Broadbent JR, Golden W. Bolton standards of dentofacial development growth. Saint Louis, USA: The C. V. Mosby Company, 1975:431–442.
21. Brodie AG. Behaviour of normal and abnormal facial growth patterns. *Am J Orthod Oral Surgery*. 1941;27:633-655.
22. Brodie, AG. Late Growth Changes in the Human Face. *Angle Orth* 1953;23:146–157.
23. Brown P. A cephalometric evaluation of high-pull molar headgear and face-bow neck strap therapy. *Am J Orthodontic* 1978;74:621–632.
24. Burstone CJ, Pryputniewicz RJ, Bowley WW. Holographic measurement of tooth mobility in three dimensions. *J Periodont Res* 1978;13:283–294.
25. Burstone CJ, Pryputniewicz RJ. Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces. *Am J Orthodontics* 1980;77:396–409.
26. Case CS. A practical treatise on the dental technics and principles of dental orthopedia and prosthetic correction of cleft plate. 2. Edition. Chicago: C. S. Case and Co, 1922.
27. Chaconas SJ, Caputo AA, Davis JC. The effects of orthopedic forces on the cranio facial complex utilizing cervical and headgear appliances. *Am J Orthodontics* 1976;69-(5):527–539.
28. Chung CH, Wong WW. Craniofacial growth in untreated skeletal Class II subjects: A longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthodontics* 2002;122:619-626.
29. Dausch-Neumann D. Kieferorthopädie. In: Schwenzer N. Hrsg. Zahn-Mund-Kieferheilkunde, Band 5. Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag, 1987:1-22.
30. Davidson JM, Hedley WS. A method of precise localisation and measurement by means of roentgen rays. *Lancet*, 1897:1001.
31. Droschl H, et al. Die funktionelle Gebissanalyse als Prüfstein kieferorthopädischer Therapie. *Fortschritt der Kieferorthopädie* 1977;38(3):284-295.
32. Droschl H, et al. Über die Anwendung des gnathologischen Konzeptes in der Kieferorthopädie. *Fortschritt der Kieferorthopädie* 1978;39(1):18-26.
33. Enlow DH, Moyers RE, Hunter WS, McNamara JA. A procedure for the analysis of intrinsic form and growth. *Am J Orthodontics* 1969;56:6–23.
34. Enlow DH. Wachstum und Entwicklung der Gesichtsstrukturen. In: Schmutz GPF, Vardimon AD. Hrsg. Kieferorthopädie, 3.Auflage. Stuttgart: Thieme Verlag, 1994:19-42.
35. Forsberg CM, Odenrick L. Skeletal and soft tissue response to activator treatment. *Eur J Orthodontics* 1981;3:247–253.

36. Frislid G, Rakosi G. Analysen und Ergebnisse nach Headgearbehandlung. *Fortschr Kieferorthopädie* 1976;37:184–195.
37. Gandini MS. Effects of cervical headgear and edgewise appliances on growing patients. *Am J Orthodontics* 2001;5:531-539.
38. Gesch D. Eine longitudinale Untersuchung über das Wachstum bei unbehandelten Kindern mit Angle-Klasse II/1 Malokklusion. *Fortschr Kieferorthop* 2000;1:20-33.
39. Gianelly AA, Arena S, Berstein L. A comparison of Class II treatment changes noted with the light wire, edgewise, and Fränkel appliances. *Am J Orthodontics* 1984;86:296-276.
40. Godt A, Kalwitzki M, Göz G. Zervikaler Headgear in Relation zum Wachstumsmuster - Eine Fernröntgenseitenbildanalyse. *Fortschr Kieferorthopädie* 2007;1:38– 46.
41. Goldstein MS. Changes in Dimensions and Form of the Face and Head With Age. *Am J Phys Anthropol* 1936;22:37–89.
42. Gunnel JS, Meyer P. *Headgear orthodontics*, First edition. Ridgewood, 1968.
43. Hasund A, Boe OE, Jenatschke F, Norderval K, Thunold K, Wisth PJ. *Klinische Kephalemetrie für die Bergen-Technik*. Universität Bergen, 1974.
44. Hellmann M. Growth of the Face and Occlusion of the Teeth in Relation to Orthodontic Treatment. *Int J Orthod* 1933;19:1116–1145.
45. Henry HL. An experimental study of external force application to the maxillary-complex. In: Mc Namara JA. ed. *Factors affecting the growth of the midface, Craniofacial Growth Series, Monograph 6*. Michigan: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, 1976.
46. Hofrath H. Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. *Fortschr Othod.* 1931;1:230-259.
47. Iseri H, Solow B. Growth displacement of the maxilla in girls studied by the implant method. *Europ J Orthodontics* 1990;12:389.
48. Itoh T, Chaconas SJ, Caputo AA, Matyas J. Photoelastic effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. *Am J Orthodontics* 1985;87:117–124.
49. Jamison JE. Longitudinal changes in the maxilla and the maxillary mandibular relationship between 8 and 17 years of age. *Am J Orthodontics* 1982;3:217–230.
50. Janson I. Skelettale und dento-alveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. *Fort Kieferorthop* 1978;39:62-76.
51. Jonas I. Knöcherner und Weichteil-Profilveränderungen nach Headgear und Aktivatortherapie. *Fortschr Kieferorthopädie* 1984;45:335–347.
52. Kahl-Nieke B. *Einführung in die Kieferorthopädie*, 2. Auflage. München-Jena: Urban & Fischer, 2001:13–39,137–149,226–231.
53. Kambara T. Dentofacial changes produced by extraoral forward force in the *Macaca irus*. *Am J Orthodontics* 1977;71(3):249–277.

54. Kim KR. Changes in mandibular growth direction during and after cervical headgear treatment. *Am J Orthodontics* 2001;5:522-530.
55. Kingsley NW. *Oral deformities*. New York: D. Appleton Co, 1880.
56. Kitamura H. Epithelial remnants and pearls in the secondary palate in the human abortus: a contribution to the study of the mechanism of cleft palate formation. *Cleft Palate Journal* 1966;3:240.
57. Klein PL. An evaluation of cervical traction on the maxilla and the upper first permanent molar. *Angle Orthod* 1957;27:61-68.
58. Kloehn FC. Guiding alveolar growth and eruption of teeth to reduce treatment time and produce a more balanced denture and face. *Angle Orthod* 1947;17:10-33.
59. Koch R, Witt E. Die Headgearbehandlung aus fernröntgenologischer Sicht - Eine retrospektive Bewertung. *Fortschr Kieferorthopädie* 1977;38:197-204.
60. Kragt G, Duterloo HS, Algra AM. Initial displacements child skulls owing to determined with laser holography and variations of eight human high-pull headgear traction. *Am J Orthodontics*. 1986;89:399-406.
61. Kuhn RJ. Control of anterior vertical dimension and proper selection of extraoral anchorage. *Angle Orthodont* 1968;38:340-349.
62. Langbartel DA. *The anatomical primer. A embryological explanation of human Gross morphology*. Baltimore-London-Tokio:University Park Press, 1977.
63. Langmann J. *Medizinische Embryologie. Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen*. Stuttgart: Thieme, 1977.
64. Leonhardt H. *Histologie, Zytologie und Mikroanatomie des Menschen*, 8. Auflage Stuttgart: Thieme Verlag, 1990:137-139.
65. Mauser C. et al. A study of the prenatal growth of the human face and cranium. In: McNamara JA. *Determinants of mandibular form and growth. Craniofacial growth series*. Ann Arbor, 1975;4:243-275.
66. McNamara JA Jr, A method of cephalometric evaluation. *American Journal of Orthodontics* 1984;86(6):449-469.
67. McNamara JA Jr, Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on Class II patients. *American Journal of Orthodontics* 1985;88(2):91-110.
68. Meistrell ME, Cangialosi TJ, Lopez JE, Cabral-Angeles AC. Nonextraction Begg treatment of Class II malocclusions. *Am J Orthodontics and Dentofacial Orthopadics* 1986;90:286-295.
69. Meldrun RJ. Alterations in the upper facial growth of *Macaca mulatto* resulting from high-pull headgear. *Am J Orthodontics* 1975;67:393-411.
70. Melsen B. Langzeitbeobachtungen an Headgearfällen. Ein Implantatstudium. *Fortschr Kieferorthopädie* 1977;4:424-434.

71. Melsen B. Effects of cervical anchorage during and after treatment: An implantat study. *Am J Orthodontics* 1978;73:526–540.
72. Merrifield LL, Cross JJ. Directional Forces. *Am J Orthod* 1970;57(5):435–475.
73. Miethke RR. Die Oberkieferformen menschlicher Feten vom 5. bis zum 10. Monat. *Zahnärztliche Welt* 1979;88:948.
74. Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Hrsg. *Kieferorthopädie I, Praxis der Zahnheilkunde*, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1990:95–129.
75. Mitani H. Occlusal and craniofacial growth changes during puberty. *Am J Orthodontics* 1977;72(4):76–84.
76. Müller A. ANB-Winkelprognose mit Hilfe linearer Regressionsgleichungen für die einleitende Behandlung mit dem Hansa-Gerät und die anschließende Behandlung mit der Multibandapparatur. Universität Hamburg, 1992.
77. Nanda RS. The rates of several Facial Components measured from serial cephalometric roentgenograms. *Am J Orthod* 1955;41:658–673.
78. Nanda RS Growth changes in skeletal-facial profile and their significance in orthodontic diagnosis. *Am J Orthodontics* 1970;58(5):501–513.
79. Nanda RS. Protraction of maxilla in rhesus monkeys by controlled extraoral forces. *Am J Orthodontics* 1978;74:121–141.
80. Nanda SK. Patterns of anteroposterior growth in the female face. [Cited in essays in honour of Moyers RE.] In: Hunter WS, Carlson DS. Eds. *Craniofacial Growth Series 24*. Centre for Human growth and Development, The University of Michigan, USA: Ann Arbor, 1991.
81. Nanda RS, Ghosh J. Longitudinal growth changes in the sagittal relationship of maxilla and mandible. *Am J Orthodontics and Dentofacial Orthop* 1995;107:79-90.
82. Ochoa BK, Nanda RS. Comparison of maxillary and mandibular growth. *Am J Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2004;2:148–159.
83. Payne E. Localization and measurement of hidden bodies by the aid of roentgen rays. *Arch Roent Ray* 1897;2:31–32,89–91.
84. Pfeiffer JP, Grobéty D, Simultaneous use of cervical appliance and activator: An orthopedic approach to fixed appliance therapy. *Am J Orthod* 1972;61(4):353-373.
85. Poulton DR. The influence of extraoral traction. *Am J Orthodontics* 1967;53:8–18.
86. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM.: *Contemporary orthodontics*, 2. Auflage. Saint Louis: Mosby Elsevier. University Michigan 1986:498.
87. Pryputniewicz RJ, Burstone CJ. The effect of time and force magnitude on orthodontic tooth movement. *J Dent Res* 1979;58.1754–1764.
88. Rakosi T. *An Atlas and Manual of Cephalometric Radiography*. München: Carl Hanser Verlag, 1979:8–198.

89. Reddy P, et al. Skeletal and dental changes with nonextraction Begg mechanotherapy in patients with Class II Division 1 malocclusion. *Am J Orthodontics Dentofacial Orthopedics* 2000;118:641–648.
90. Ricketts RM. The Influence Of Orthodontic Treatment On Facial Growth And Development. *Angle Orthodontics* 1960;30(3):103–133.
91. Ricketts RM. Cephalometric analysis and synthesis. *Angle Ortho* 1960;31:141–156.
92. Righellis EG. Treatment effects of Frankel, activator and extraoral traction appliances. *Angle Orthodont* 1983;53:107–121.
93. Sandusky WS. Cephalometric evaluation of the effects of Kloehn type of cervical traction as an auxiliary with the edgewise mechanism following Tweed`s principle for correction of Class II, Division 1 malocclusion. *Am J Orthodont* 1965;51:262-287.
94. Scammon RE, et al. The measurement of man. Minneapolis: University of Minnesota press, 1930:171-226.
95. Schmuth GPF. Systematik der dysgnathen Befunde – Äthiologie – Genese – Behandlungsmöglichkeiten. In: Schmuth GPF, Vardimon AD. Hrsg. *Kieferorthopädie*, 3.Auflage. Stuttgart: Thieme Verlag, 1994:99-107.
96. Schour J. Noyes`oral histology and embryology. Philadelphia: Lea&Febiger, 1960.
97. Schumacher GH. Hrsg. *Anatomie für Zahnmediziner*, 3. Auflage. Heidelberg: Hüthig Verlag, 1997:8-9,218–226.
98. Segner D. Unveröffentlichte kephalometrische Messwerte von unbehandelten Klasse II/1 Probanden aus Nittedal/Norwegen. Universität Hamburg, 1991.
99. Segner D, Hasund A. *Individualisierte Kephalmetrie*, 2. Auflage. Hamburg: Franklin Printing and Publishing House Ltd, 1994.
100. Segner D, Hasund A. *Individualisierte Kephalmetrie*, 3. Auflage. Kassel: Grunewald GmbH, 1998:67–123.
101. Selvik G. A roentgen stereophotogrammetric method for the study of the kinematics of the skeletal system. Thesis, University of Lund. Lund, Sweden, 1974.
102. Sergl HG. *Festsitzende Apparaturen in der Kieferorthopädie unter besonderer Berücksichtigung der Edgewise-Technik; Grundlagen, Materialien, Technik, Klinische Aspekte*. München-Wien: Hanser,1990.
103. Solow B, Siersboek-Nielsen S. *Am J Orthodontics* 1986;89:132-140.
104. Stöckli PW, Ben-Zur ED, Elisha D. Hrsg. *Postnataler Wachstumsverlauf, Gesichtswachstum und Entwicklung der Dentition*. In: *Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen*, 3. Auflage. Stuttgart-New York: Thieme Verlag, 1994:5–31.
105. Stöckli PW, van Waes HJM. *Kinderzahnmedizin*. In: Rateitschak KH, Wolf HF. Hrsg. *Farbatlanten der Zahnmedizin*, Band 17, 1. Auflage. Stuttgart: Thieme Verlag, 2001: 1–6,25–27.
106. Storey E. Tissue response to the movement of bones. *Am J Orthodont* 1973;64:229 –247.

107. Tanner JM. Wachstum und Reifung des Menschen. Stuttgart: Thieme, 1962.
108. Teuscher U, Sagittale und vertikale Gesichtspunkte bei der Distalbißbehandlung. Fortschritt der Kieferorthopädie 1978;39(3):225-233.
109. Teuscher U. An appraisal of growth and reaction extraoral anchorage. Simulation of orthodontic-orthopedic results. Am J Orthodontics 1986;89:113–121.
110. Teuscher U. Der Headgear – extraorale kieferorthopädische Geräte. In: Schmuth GPF. Hrsg. Kieferorthopädie I. Praxis der Zahnheilkunde, Band. 11. München-Wien-Baltimore: Urban& Schwarzenberg, 1994:223-237.
111. Ülgen M. Kephalemtrische Untersuchung der Auswirkungen der Distalbißbehandlung mit dem Aktivator und dem Zervikal-Headgear auf das Gesichtskelett und deren Vergleich. Fortschr Kieferorthopädie 1981;42:337–348.
112. Van der Beek MVJ, Vertikal facial growth: a longitudinal study from 7 to 14 years of age. European J Orthod 1991;13:202-208.
113. Van der Linden FPGM, Changes in the dentofacial complex during and after orthodontic treatment. Europ J Orthod 1979;1:97-105.
114. Watson WG. A computerized appraisal of the highpull face-bow. Am J Orthodontics 1972;62:561–579.
115. Weiß C. Basiswissen Medizinische Statistik, 4. Auflage. Heidelberg: Springer, 2008:55–76,205–226.
116. Wichelhaus A, Sander EG. Dentale und skelettale Effekte der Vorschubdoppelplatten-High-pull-Headgear-Kombination. Eine klinische Studie behandelter Patienten. Fortschritt der Kieferorthopädie 1995;56(4):202–215.
117. Wiesländer L. The effect of orthodontic treatment on the concurrent development of the craniofacial complex. Am J Orthodontics 1963;49:15–27.
118. Wiesländer L. Early or late cervical traction therapy of class II malocclusion in the mixed dentition. Am J Orthodontics 1975;67:432–444.
119. Yanli C, et al. Cephalometric study of slow maxillary expansion in adults. Am J Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2009;136:348-354.
120. Zentner A, Filippidis G, Sergl HG. Holographische Untersuchung zur Darstellung initialer Verformungen eines mazerierten menschlichen Schädels unter Einwirkung einer orthopädischen Kraft durch einen Headgear mit verschiedenen Zugrichtungen. Fortschr der Kieferorthopädie 1995;56(2):118–126.

10. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 Miethke RR. Praxis der Zahnheilkunde Band 11, 4. Auflage. In: Kahl-Nieke B.
121. Hrsg. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena: Urban & Fischer, 2001:17.
- Abb. 2 Kahl-Nieke B. modifiziert nach Langmann. Einführung in die Kieferorthopädie. 2.
122. Auflage. München-Jena: Urban & Fischer, 2001:18.
- Abb. 3 Miethke RR. Praxis der Zahnheilkunde Band 11, 4. Auflage. In: Kahl-Nieke B.
123. Hrsg. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena: Urban & Fischer, 2001:20.
- Abb. 4 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Kieferorthopädie I, Praxis der
124. Zahnheilkunde, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1990:103.
- Abb. 5 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Kieferorthopädie I, Praxis der
125. Zahnheilkunde, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1990:103.
- Abb. 6 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Kieferorthopädie I, Praxis der
126. Zahnheilkunde, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1990:104.
- Abb. 7 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Kieferorthopädie I, Praxis der
127. Zahnheilkunde, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1990:106.
- Abb. 8 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Kieferorthopädie I, Praxis der
128. Zahnheilkunde, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1990:106.
- Abb. 9 Schumacher GH. Hrsg. Repetitorium für Zahnmediziner. München-Wien-Baltimore:
129. Urban & Schwarzenberg, 1996:95.
- Abb.10 Schumacher GH. Hrsg. Repetitorium für Zahnmediziner. München-Wien-Baltimore:
130. Urban & Schwarzenberg, 1996:95.
- Abb.11 Schumacher GH. Hrsg. Repetitorium für Zahnmediziner. München-Wien-Baltimore:
131. Urban & Schwarzenberg, 1996:95.
- Abb.12 Schumacher GH. Hrsg. Repetitorium für Zahnmediziner. München-Wien-Baltimore:
132. Urban & Schwarzenberg, 1996:79.
- Abb.13 Scammon RE, et al. The measurement of man. Minneapolis: University of
133. Minnesota press,1930:171-226.
- Abb.14 Stratz CH. (Modifiziert von 1922) In: Schumacher GH. Hrsg. Repetitorium Zahn-
134. mediziner. München-Wien-Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1996:27.
- Abb.15 Schumacher GH. Hrsg. Repetitorium für Zahnmediziner. München-Wien-Baltimore:
135. Urban & Schwarzenberg, 1996:27.

- Abb.16 Kahl-Nieke B. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena:
136. Urban & Fischer, 2001:146.
- Abb.17 Enlow DH. Hrsg. Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin-Chicago-London-São
137. Paulo-Tokio: Quintessenz Verlag: 1989:55.
- Abb.18 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Kieferorthopädie I, Praxis der
138. Zahnheilkunde, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban &
Schwarzenberg, 1990:112.
- Abb.19 Miethke RR. Praxis der Zahnheilkunde Band 11, 4. Auflage. In: Kahl-Nieke B.
139. Hrsg. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena: Urban &
Fischer, 2001:31.
- Abb.20 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Schmuth GPF. Kieferorthopädie I, Praxis der
140. Zahnheilkunde, Band 11, 2. Auflage. München-Wien-Baltimore: Urban &
Schwarzenberg, 1990:115.
- Abb.21 Enlow DH. Hrsg. Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin-Chicago-London-São
141. Paulo-Tokio: Quintessenz Verlag: 1989:73.
- Abb.22 Miethke RR. Praxis der Zahnheilkunde Band 11, 4. Auflage. In: Kahl-Nieke B.
142. Hrsg. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena: Urban &
Fischer, 2001:33.
- Abb.23 Enlow DH. Hrsg. Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin-Chicago-London-São
143. Paulo-Tokio: Quintessenz Verlag: 1989:59.
- Abb.24 Enlow DH. Hrsg. Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin-Chicago-London-São
144. Paulo-Tokio: Quintessenz Verlag: 1989:87.
- Abb.25 Enlow DH. Hrsg. Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin-Chicago-London-São
145. Paulo-Tokio: Quintessenz Verlag: 1989:93.
- Abb.26 Enlow DH. Hrsg. Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin-Chicago-London-São
146. Paulo-Tokio: Quintessenz Verlag: 1989:99.
- Abb.27 Enlow DH. Hrsg. Handbuch des Gesichtswachstums. Berlin-Chicago-London-São
147. Paulo-Tokio: Quintessenz Verlag: 1989:103.
- Abb.28 Schwarze CW. Praxis der Zahnheilkunde. Band 12, 2. Auflage. In: Kahl-Nieke B.
148. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena: Urban & Fischer,
2001:229.
- Abb.29 Schwarze CW. Praxis der Zahnheilkunde. Band 12, 2. Auflage. In: Kahl-Nieke B.
149. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena: Urban & Fischer,
2001:226.
- Abb.30 Schwarze CW. Praxis der Zahnheilkunde. Band 12, 2. Auflage. In: Kahl-Nieke B.
150. Einführung in die Kieferorthopädie, 2. Auflage. München-Jena: Urban & Fischer,
2001:227.
- Abb.31 Diagnostik Wingberg GmbH. Diagnose Fix KFO Version 4.2005, Programm zur
151. kieferorthopädischen Diagnostik: Buxtehude, 2005.

11. Anhang

11.1. Kephalometrische Referenzpunkte

1. **S** **Sella**
Zentrum der Sella turcica, Mittelpunkt des größten Durchmessers der knöchernen Krypte;
2. **N** **Nasion**
Der am weitesten anterior gelegene Punkt der Sutura nasofrontalis am obersten Rand des Os nasalis;
3. **A** **A-Punkt**
Der am weitesten dorsal und mediansagittal liegende Punkt der Knochenkavität zwischen Spina nasalis anterior und Prosthion, der die ventralste Begrenzung des Oberkiefers repräsentiert;
4. **B** **B-Punkt**
Der am weitesten dorsal und mediansagittal liegende Punkt der Knochenkavität zwischen Infradentale und Pogonion, der die ventrale Begrenzung des Unterkiefers repräsentieren soll;
5. **Pg** **Pogonion**
Am weitesten ventral und mediansagittal liegende Punkt des Kinns; anteriorste Punkt der Kinnspitze;
6. **Ap UK1** **Apex UK1**
Mediansagittal liegender Punkt am Apex des am weitesten labial stehenden Schneidezahnes im Unterkiefer;
7. **In UK1** **Incisale UK1**
Mediansagittal liegende Punkt auf der Inzisalkante des am weitesten labial stehenden Schneidezahnes im Unterkiefer;
8. **In OK1** **Incisale OK1**
Mediansagittal liegende Punkt auf der Inzisalkante des am weitesten labial stehenden Schneidezahnes im Oberkiefer;
9. **Ap OK1** **Apex OK1**
Mediansagittal liegende Punkt am Apex des am weitesten labial stehenden Schneidezahnes im Oberkiefer;
10. **Spa** **Spina nasalis anterior**
Mediansagittal liegender Punkt an der Spitze der Spina nasalis anterior;
11. **Pm** **Pterygomaxillare**
Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Oberkieferknochens mit der Kontur des harten und weichen Gaumens im Bereich des nach mesial einstrahlenden ampullenförmigen Schattens der Fossa pterygopalatina;

12. **Ar** **Articulare**
Bilateral liegender Schnittpunkt zwischen Unterrand der Schädelbasis und Hinterrand des Ramus mandibulae;
13. **Ba** **Basion**
Am weitesten dorsokaudal und mediansagittal liegende Punkt des Clivus am Vorderrandes des Foramen magnum, dorsaler Begrenzungspunkt der vorderen Schädelbasis;
14. **UK auf** **UK-Ast aufsteigend**
Posteriore Auswölbung am aufsteigenden Ast der Mandibula im Bereich des Kieferwinkels; Liegt im Bereich des Kieferwinkels eine Doppelkontur vor, so ist dies zu mitteln;
15. **UK hor** **UK horizontal**
Kaudale Auswölbung am horizontalen Ast der Mandibula im Bereich des Kieferwinkels; Liegt im Bereich des Kieferwinkels eine Doppelkontur vor, so ist diese zu mitteln;
16. **Gn** **Gnathion/Menton**
Das Gnathion ist der kaudalste Punkt der Unterkiefersymphyse in der Mediansagittalebene. Im amerikanischen Sprachgebrauch wird der Punkt oft als Menton bezeichnet;
17. **OK6 mes** **OK6er: mes. Höckerspitze**
Okklusal liegender Punkt auf der Spitze des bucco-mesialen Höckers des ersten oberen Molaren;
18. **UK6 buc** **UK6er: buc. Querfissur**
Okklusal liegender Punkt in der bukkalen Querfissur des ersten Molaren;
19. **Gla** **Glabella**
Am weitesten ventral und mediansagittal liegender Punkt des Os frontale;
20. **SN** **Soft Nasion**
Am weitesten dorsal und mediansagittal liegender Punkt der Konkavität zwischen Stirn und Nase, Nasenwurzel;
21. **NaSp** **Nasenspitze**
Pronasale; Am weitesten nach ventral vorspringender und mediansagittal liegende Punkt der Nase;
22. **CI** **Columella**
Der Punkt Columella liegt am Übergang des geraden Anteils der Columella in die Konvexität der Nasenspitze;
23. **Sn** **Subnasale**
Am weitesten dorsokranial und mediansagittal liegende Punkt am Übergang zwischen Nasensteg und Oberlippe;

24. **SA** **Soft A-Punkt**
Tiefste Einziehung der Weichgewebskonkavität zwischen Oberlippe und Nase, in der mediansagittale liegende Punkt;
25. **Olr** **Obberlippenrand**
Labrale superius, am Übergang vom Lippenrot zum Lippenweiß und damit am weitesten nach ventral vorspringender, mediansagittal liegende Punkt der Oberlippe;
26. **UI** **Unterlippe**
Vorderster Punkt auf dem Lippenrot der Unterlippe, mittig zwischen Stomion und labrale inferius;
27. **Ulr** **Unterlippenrand**
Labrale inferius, am Übergang von Lippenrot zum lippenweiß und damit am weitesten nach ventral vorspringender, mediansagittal liegende Punkt der Unterlippe;
28. **SB** **Soft B-Punkt**
Tiefste Einziehung der Weichgewebskonkavität zwischen Unterlippe und Kinn, in der mediansagittale liegende Punkt;
29. **WPg** **Weichteil-Pogonion**
Der am weitesten anterior und mediansagittal liegende Punkt des Kinnprofils, repräsentiert die Kinnprominenz;
30. **SM** **Softmenton**
Der am weitesten kaudal und mediansagittal liegende Punkt des Kinns;
31. **Uma** **Unterrand mandibula anterior**
Punkt am Unterrand des horizontalen Astes der Mandibula im vorderen Bereich, kurz hinter der Symphyse;
32. **AntN** **Antegonial Notch**
Einziehung am horizontalen Ast der Mandibula im hinteren Bereich;
33. **SubN** **Supragonial Notch**
Einziehung am aufsteigenden Ast der Mandibula im unteren Bereich;
34. **Co** **Condylus oben**
Der am weitesten kranial und bilateral liegende Punkt am Processus condylaris;
35. **Pr** **Prosthion**
Mediansagittal im Oberkiefer liegender Punkt am Übergang von Schneidezahn zu Alveolarfortsatz, ventraler Begrenzungspunkt des Alveolarfortsatzes im Oberkiefer;
36. **C2 ant** **C2 anterior**
Der am weitesten anterior und inferior gelegene Eckpunkt des 2. cervikalen Halswirbelkörpers;

37. **C2 med** **C2 medial**
Der am weitesten superior gelegene Punkt der Unterrandkurvatur des 2. cervikalen Halswirbelkörpers;
38. **C2 post** **C2 posterior**
Der am weitesten posterior und inferior gelegene Eckpunkt des 2. cervikalen Halswirbelkörpers;
39. **C3 ant sup** **C3 anterior superior**
Der am weitesten anterior und superior gelegene Eckpunkt des 3. cervikalen Halswirbelkörpers;
40. **C3 post sup** **C3 posterior superior**
Der am weitesten posterior und superior gelegene Eckpunkt des 3. cervikalen Halswirbelkörpers;
41. **C3 post inf** **C3 posterior inferior**
Der am weitesten posterior und inferior gelegene Eckpunkt des 3. cervikalen Halswirbelkörpers;
42. **C3 med** **C3 medial**
Der am weitesten superior gelegene Punkt der Unterrandkurvatur des 3. Halswirbelkörpers;
43. **C3 ant inf** **C3 anterior inferior**
Der am weitesten anterior und inferior gelegene Eckpunkt des 3. cervikalen Halswirbelkörpers;
44. **C4 ant sup** **C4 anterior superior**
Der am weitesten anterior und superior gelegene Eckpunkt des 4. cervikalen Halswirbelkörpers;
45. **C4 post sup** **C4 posterior superior**
Der am weitesten posterior und superior gelegene Eckpunkt des 4. cervikalen Halswirbelkörpers;
46. **C4 post inf** **C4 posterior inferior**
Der am weitesten posterior und inferior gelegene Eckpunkt des 4. cervikalen Halswirbelkörpers;
47. **C4 med** **C4 medial**
Der am weitesten superior gelegene Punkt der Unterrandkurvatur des 4. cervikalen Halswirbelkörpers;
48. **C4 ant inf** **C4 anterior inferior**
Der am weitesten anterior und inferior gelegene Eckpunkt des 4. cervikalen Halswirbelkörpers;
49. **Csph** **Corpus sphenoidale**
Schnittpunkt Sinus sphenoidale mit der Fissura pterygopalatina;

50. **Cbs** **cranial base sphenoidale**
Schnittpunkt Os sphenoidale, Facies cerebralis, mit der Fossae cranii mediae;
51. **Cbz** **cranial base zygomatica**
Schnittpunkt Os ethmoidale mit der Linea zygomatica posterior;
52. **Po** **Porion centrale**
Zentraler Punkt des knöchernen Gehörgangs;
53. **Ha** **Haaransatz**
Der am weitesten ventral und cranial gelegene Punkt des Os frontale;
54. **St sup** **Stomion superior**
Der am weitesten kaudal und mediansagittal liegende Punkt der Oberlippe;
55. **St inf** **Stomion inferior**
Der am weitesten kranial und mediansagittal liegende Punkt der Unterlippe;

11.2. Allgemeine Oberkieferveränderung - Wertetabellen

SNA (°)	Pat: 2992				NL-NSL (°)	Pat: 2992			
	702		FRS			702		FRS	
	m	w	m	w		m	w	m	w
Alter	m	m	w	w	Alter	m	m	w	w
	mean	sd	mean	sd		mean	sd	mean	sd
8,5	78,55	3,86	82,92	3,50	8,5	11,65	4,89	9,98	2,42
9,0	78,70	3,35	81,36	NA	9,0	13,19	2,55	6,83	NA
9,5	77,78	1,76	79,21	3,60	9,5	11,51	4,62	8,53	2,77
10,0	77,85	2,05	79,91	2,63	10,0	10,66	2,99	10,77	3,07
10,5	80,50	3,11	79,05	2,19	10,5	9,72	3,99	9,91	2,10
11,0	77,86	1,33	80,30	1,51	11,0	10,04	2,32	10,06	2,32
11,5	78,81	3,80	78,91	2,02	11,5	9,50	2,42	12,01	3,58
12,0	78,15	4,31	79,53	2,82	12,0	8,93	3,41	10,38	2,17
12,5	78,91	4,01	80,46	1,44	12,5	9,53	2,60	12,27	4,60
13,0	77,49	3,91	79,22	2,86	13,0	9,65	3,85	10,68	3,64
13,5	77,40	3,22	79,11	2,26	13,5	9,81	3,39	10,30	1,99
14,0	76,93	3,54	78,70	3,18	14,0	9,29	4,85	11,33	3,57
14,5	79,95	2,46	80,54	2,09	14,5	8,24	3,04	10,04	1,52
15,0	77,38	2,35	78,79	2,63	15,0	9,21	2,33	10,66	3,66
15,5	77,09	3,03	80,07	NA	15,5	5,95	4,22	13,01	NA
16,0	78,55	NA	80,39	2,77	16,0	8,62	Na	9,35	4,52
16,5	80,04	3,46	78,56	2,48	16,5	6,92	3,34	8,74	1,55
17,0	76,39	3,93	79,68	NA	17,0	10,50	2,04	8,70	NA
17,5	79,37	2,31	80,22	NA	17,5	7,74	2,82	15,45	NA
18,0	78,61	NA	NA	NA	18,0	10,75	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA	18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	78,22	NA	NA	NA	19,0	7,28	NA	NA	NA
19,5	77,49	NA	80,36	NA	19,5	10,76	NA	17,59	NA
20,0	76,90	NA	NA	NA	20,0	13,89	NA	NA	NA

Pm-Spa (NL; mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	46,95	3,90	45,70	0,98		
9,0	47,45	3,12	47,38	NA		
9,5	48,30	1,45	46,33	3,02		
10,0	47,30	2,92	46,88	0,36		
10,5	49,97	3,11	47,58	1,97		
11,0	51,68	NA	49,48	1,29		
11,5	48,89	3,41	49,44	3,07		
12,0	51,55	3,34	49,19	2,81		
12,5	50,64	3,42	50,94	2,47		
13,0	51,40	3,93	50,44	2,37		
13,5	51,20	3,28	50,26	2,19		
14,0	51,54	3,14	52,52	3,14		
14,5	53,66	2,94	49,96	1,15		
15,0	53,08	1,96	51,30	2,27		
15,5	51,05	4,73	51,04	NA		
16,0	45,41	Na	50,38	3,81		
16,5	53,90	3,57	51,41	0,50		
17,0	50,50	2,88	52,94	NA		
17,5	56,03	1,85	55,34	NA		
18,0	46,74	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	56,17	NA	NA	NA		
19,5	47,36	NA	59,65	NA		
20,0	48,48	NA	NA	NA		

Pm-A (mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	44,05	3,76	42,77	0,95		
9,0	45,09	2,11	44,08	NA		
9,5	45,14	1,98	42,97	2,89		
10,0	43,78	2,98	44,08	0,50		
10,5	46,95	2,36	44,17	2,52		
11,0	46,98	1,22	46,12	1,19		
11,5	45,54	2,73	45,84	2,70		
12,0	47,26	3,39	45,53	2,51		
12,5	47,23	3,58	46,96	3,01		
13,0	46,91	3,60	45,78	2,34		
13,5	46,89	3,83	46,32	1,69		
14,0	46,45	3,82	47,33	2,43		
14,5	49,35	1,70	45,40	2,27		
15,0	48,20	2,40	46,32	2,71		
15,5	45,66	5,12	47,41	NA		
16,0	40,81	NA	45,80	2,97		
16,5	50,30	2,19	46,51	1,23		
17,0	45,07	2,28	46,34	NA		
17,5	51,51	1,43	50,68	NA		
18,0	43,09	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	50,71	NA	NA	NA		
19,5	43,24	NA	54,21	NA		
20,0	43,96	NA	NA	NA		

Pm-Pr (mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	45,61	5,06	45,24	2,01		
9,0	47,43	2,64	46,48	NA		
9,5	47,20	1,37	45,51	3,24		
10,0	46,57	4,18	46,79	NA		
10,5	49,39	1,23	47,23	2,66		
11,0	50,27	1,43	48,88	1,88		
11,5	48,09	2,64	48,63	2,79		
12,0	50,97	2,88	48,86	2,37		
12,5	50,69	2,53	49,96	3,05		
13,0	50,58	3,43	49,31	2,79		
13,5	50,17	3,20	50,18	1,90		
14,0	50,10	3,77	51,69	2,26		
14,5	53,21	2,76	49,48	1,74		
15,0	51,73	3,94	50,70	3,07		
15,5	49,08	4,74	50,77	NA		
16,0	43,05	NA	50,01	2,63		
16,5	53,86	2,88	50,77	NA		
17,0	49,39	3,72	50,59	NA		
17,5	55,23	2,37	53,84	NA		
18,0	46,20	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	55,50	NA	NA	NA		
19,5	46,74	NA	57,34	NA		
20,0	46,97	NA	NA	NA		

A-Pr (mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	8,64	1,47	8,60	2,43		
9,0	7,25	2,90	6,56	NA		
9,5	7,64	0,46	9,71	1,07		
10,0	9,95	2,04	8,57	2,16		
10,5	8,95	1,13	9,78	1,00		
11,0	9,95	2,87	10,68	1,07		
11,5	8,52	1,54	9,09	0,93		
12,0	10,17	0,96	10,04	1,48		
12,5	10,12	1,84	9,22	0,83		
13,0	10,14	1,12	9,57	0,98		
13,5	10,29	1,88	10,52	2,08		
14,0	10,99	1,06	10,97	1,36		
14,5	10,88	1,96	10,55	0,98		
15,0	11,84	1,82	12,09	1,82		
15,5	12,27	0,67	9,70	NA		
16,0	6,86	NA	10,49	1,64		
16,5	12,83	2,60	11,13	1,76		
17,0	12,21	2,39	13,27	NA		
17,5	12,94	0,50	10,20	NA		
18,0	9,60	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	12,72	NA	NA	NA		
19,5	8,71	NA	13,56	NA		
20,0	10,51	NA	NA	NA		

S-Pm (mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	38,21	4,33	38,20	2,23		
9,0	37,27	1,89	37,67	NA		
9,5	38,72	3,26	40,39	1,46		
10,0	40,23	3,52	38,01	2,25		
10,5	41,60	3,93	39,58	1,20		
11,0	40,29	NA	39,94	1,91		
11,5	42,86	3,06	38,66	3,16		
12,0	42,20	2,72	41,16	2,39		
12,5	43,33	3,00	39,53	3,04		
13,0	43,55	3,49	41,21	2,00		
13,5	44,28	1,92	41,84	2,18		
14,0	43,99	3,75	41,37	2,80		
14,5	46,75	2,59	41,74	2,35		
15,0	43,69	1,66	42,55	2,86		
15,5	48,16	1,12	40,64	NA		
16,0	42,10	NA	42,90	3,03		
16,5	46,82	1,43	42,33	2,69		
17,0	42,86	1,89	45,56	NA		
17,5	47,11	NA	39,26	NA		
18,0	44,20	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	45,80	NA	NA	NA		
19,5	44,34	NA	37,50	NA		
20,0	44,87	NA	NA	NA		

N-A (mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	49,52	1,58	46,92	2,46		
9,0	49,86	2,97	45,08	NA		
9,5	51,59	2,12	50,48	2,37		
10,0	52,68	4,44	49,16	1,98		
10,5	51,79	2,66	50,18	1,68		
11,0	51,66	0,99	50,94	2,82		
11,5	54,22	3,77	51,51	1,24		
12,0	53,48	2,97	52,70	2,46		
12,5	55,49	4,18	52,44	1,88		
13,0	57,04	3,48	53,46	1,33		
13,5	56,65	1,99	53,27	2,60		
14,0	56,58	4,14	55,14	1,69		
14,5	57,35	3,75	52,30	2,55		
15,0	55,99	3,52	55,97	1,97		
15,5	56,73	3,15	54,41	NA		
16,0	51,52	NA	53,39	3,16		
16,5	56,83	3,31	53,64	2,85		
17,0	55,61	2,45	56,22	NA		
17,5	57,57	2,78	55,53	NA		
18,0	54,27	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	56,74	NA	NA	NA		
19,5	56,62	NA	55,59	NA		
20,0	58,07	NA	NA	NA		

Sp-A (mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	5,21	1,05	4,94	0,80		
9,0	4,45	1,85	5,02	NA		
9,5	5,92	1,93	5,66	0,08		
10,0	6,88	1,83	5,05	1,00		
10,5	5,11	1,02	5,50	0,95		
11,0	6,20	1,45	4,92	0,56		
11,5	6,11	1,60	5,71	1,54		
12,0	6,52	0,83	5,72	0,92		
12,5	6,76	1,51	5,71	1,12		
13,0	7,25	1,45	6,70	1,83		
13,5	6,70	1,38	6,21	1,40		
14,0	7,40	2,00	7,13	1,95		
14,5	6,54	2,09	6,55	2,01		
15,0	7,07	1,58	7,38	1,50		
15,5	7,48	1,57	5,17	NA		
16,0	7,82	NA	6,72	1,32		
16,5	6,21	0,47	7,09	1,04		
17,0	7,63	3,74	8,09	NA		
17,5	6,44	NA	5,83	NA		
18,0	5,61	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	7,76	NA	NA	NA		
19,5	7,42	NA	6,33	NA		
20,0	5,91	NA	NA	NA		

Sp-Pr (mm)	Pat: 2992		m		w	
	702 FRS		1376		1616	
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		
Alter	mean	sd	mean	sd		
8,5	13,17	2,16	12,52	2,93		
9,0	10,96	2,13	10,02	NA		
9,5	12,66	1,45	14,38	1,45		
10,0	16,02	2,05	12,63	2,52		
10,5	13,06	1,46	13,95	0,61		
11,0	13,94	3,75	14,34	1,79		
11,5	13,66	1,65	13,37	1,09		
12,0	14,89	1,51	14,21	1,75		
12,5	15,77	2,40	13,31	1,08		
13,0	15,83	0,51	14,36	1,72		
13,5	15,31	2,85	14,83	2,46		
14,0	16,56	1,36	15,60	1,97		
14,5	15,56	2,55	15,05	2,41		
15,0	17,07	2,09	17,50	2,42		
15,5	17,87	1,43	13,24	NA		
16,0	13,51	NA	15,02	1,90		
16,5	17,76	2,33	16,11	2,10		
17,0	17,31	3,21	18,25	NA		
17,5	17,69	0,45	13,79	NA		
18,0	13,85	NA	NA	NA		
18,5	NA	NA	NA	NA		
19,0	18,10	NA	NA	NA		
19,5	14,74	NA	17,29	NA		
20,0	14,54	NA	NA	NA		

Pm-N (mm)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	62,91	2,20	59,04	2,97
9,0	63,33	3,11	61,50	NA
9,5	65,23	2,43	64,19	1,21
10,0	64,92	1,70	62,56	0,96
10,5	66,83	2,12	64,48	1,86
11,0	68,36	0,72	65,89	1,88
11,5	68,02	2,56	65,21	2,02
12,0	69,66	2,65	66,57	2,38
12,5	69,52	3,72	65,62	0,59
13,0	71,44	2,08	66,90	2,34
13,5	71,52	1,79	67,66	2,43
14,0	71,59	2,67	69,10	2,33
14,5	73,33	1,83	65,48	1,90
15,0	72,43	2,86	68,89	1,86
15,5	73,29	2,42	67,41	NA
16,0	62,53	NA	66,96	3,56
16,5	74,32	2,76	68,97	3,04
17,0	69,67	3,98	70,62	NA
17,5	75,82	1,24	68,73	NA
18,0	66,41	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	75,14	NA	NA	NA
19,5	67,51	NA	69,69	NA
20,0	69,39	NA	NA	NA

SLOT/Pm-N (mm)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	37,10	3,97	36,60	0,13
9,0	36,07	2,06	35,85	NA
9,5	37,12	2,92	37,51	0,17
10,0	38,52	3,20	36,10	0,20
10,5	39,60	3,97	37,10	0,25
11,0	38,22	0,11	36,63	0,20
11,5	40,30	2,72	36,56	0,30
12,0	39,77	3,06	38,26	0,22
12,5	40,89	3,02	37,37	0,24
13,0	39,82	2,88	38,49	0,17
13,5	41,38	1,66	39,57	0,20
14,0	40,63	3,10	37,92	0,18
14,5	43,25	2,17	39,70	0,25
15,0	40,70	1,63	39,18	0,22
15,5	45,14	1,27	37,62	NA
16,0	40,80	NA	40,44	0,26
16,5	43,16	1,67	39,49	0,28
17,0	40,33	2,05	41,76	NA
17,5	44,00	1,04	36,98	NA
18,0	42,26	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	43,01	NA	NA	NA
19,5	42,34	NA	36,69	NA
20,0	42,36	NA	NA	NA

ALot/Pm-N (mm)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	34,43	3,13	33,64	0,74
9,0	35,24	2,04	32,27	NA
9,5	35,47	2,15	33,68	2,07
10,0	35,21	2,94	34,44	0,96
10,5	36,21	1,88	34,23	1,01
11,0	35,48	1,16	35,52	1,70
11,5	36,11	2,47	35,92	1,73
12,0	36,12	2,38	35,87	1,73
12,5	37,46	3,00	37,13	2,26
13,0	37,29	2,75	36,35	1,45
13,5	37,00	2,77	36,27	1,60
14,0	36,58	3,50	37,52	2,02
14,5	38,44	2,62	36,01	1,45
15,0	37,17	2,12	37,35	2,20
15,5	35,20	3,09	37,94	NA
16,0	33,46	NA	36,31	2,55
16,5	38,41	2,20	36,06	1,02
17,0	35,88	1,22	36,80	NA
17,5	39,04	2,68	40,38	NA
18,0	35,09	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	38,22	NA	NA	NA
19,5	36,06	NA	42,41	NA
20,0	36,62	NA	NA	NA

ALot/Pm-Pr (mm)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	8,21	1,01	7,89	2,46
9,0	6,55	2,26	5,81	NA
9,5	7,13	0,64	9,05	1,16
10,0	9,18	1,59	7,81	2,10
10,5	8,28	0,93	8,90	0,92
11,0	9,01	2,82	9,88	1,28
11,5	7,81	1,29	8,32	0,92
12,0	9,05	0,89	9,05	1,48
12,5	9,02	1,58	8,41	0,65
13,0	9,03	0,60	8,51	0,70
13,5	9,32	1,96	9,31	1,80
14,0	9,85	0,80	9,56	1,26
14,5	9,63	1,60	9,21	0,71
15,0	10,73	1,53	10,66	1,57
15,5	11,22	0,52	8,76	NA
16,0	6,29	NA	9,11	1,54
16,5	11,81	2,08	9,75	1,37
17,0	10,38	1,46	11,91	NA
17,5	11,81	0,50	9,37	NA
18,0	8,73	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	11,19	NA	NA	NA
19,5	7,64	NA	12,74	NA
20,0	9,68	NA	NA	NA

PrLot/Pm-Sp (mm)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	12,68	2,47	12,16	2,89
9,0	10,64	2,17	9,82	NA
9,5	12,35	1,41	14,04	1,34
10,0	15,55	2,14	12,46	2,50
10,5	12,72	1,37	13,63	0,81
11,0	13,46	3,87	13,97	1,74
11,5	13,28	1,65	13,05	1,12
12,0	14,61	1,56	13,92	1,50
12,5	15,48	2,54	13,01	0,92
13,0	15,39	0,33	13,92	1,56
13,5	14,90	2,69	14,59	2,30
14,0	15,80	1,25	15,19	1,68
14,5	15,13	2,68	14,70	2,01
15,0	16,42	2,10	17,04	2,19
15,5	17,07	1,05	13,09	NA
16,0	12,80	NA	14,69	1,86
16,5	17,46	2,56	15,78	2,07
17,0	16,57	3,01	17,39	NA
17,5	17,18	0,20	13,41	NA
18,0	13,61	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	17,67	NA	NA	NA
19,5	14,45	NA	16,62	NA
20,0	14,07	NA	NA	NA

PmSN (°)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	68,96	1,93	68,45	5,27
9,0	70,52	5,26	72,21	NA
9,5	72,06	1,95	74,47	2,23
10,0	70,84	2,01	72,52	2,89
10,5	71,54	5,23	73,79	5,74
11,0	73,90	1,46	76,98	5,03
11,5	72,62	3,88	73,50	4,59
12,0	73,91	5,35	74,73	3,18
12,5	72,65	5,19	73,31	2,16
13,0	77,22	3,59	74,20	3,33
13,5	74,01	3,60	72,48	3,17
14,0	75,75	3,66	77,10	3,55
14,5	74,25	2,69	70,71	3,55
15,0	75,48	2,83	75,66	2,71
15,5	71,68	2,97	76,35	NA
16,0	66,24	NA	71,67	3,58
16,5	75,22	4,06	74,57	4,50
17,0	73,48	4,99	74,97	NA
17,5	74,14	3,05	75,57	NA
18,0	68,70	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	74,13	NA	NA	NA
19,5	69,36	NA	71,28	NA
20,0	71,45	NA	NA	NA

PrPmA (°)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	10,75	1,01	10,62	3,23
9,0	8,34	2,90	7,56	NA
9,5	9,10	0,81	12,26	2,39
10,0	12,06	1,45	10,24	2,90
10,5	10,16	1,06	11,68	1,51
11,0	11,01	3,20	12,35	1,46
11,5	9,93	1,84	10,44	0,84
12,0	11,05	1,01	11,49	1,87
12,5	11,08	2,13	10,35	1,04
13,0	11,15	1,20	10,74	1,07
13,5	11,56	2,81	11,64	2,43
14,0	12,31	1,34	11,67	1,60
14,5	11,27	1,90	11,75	1,34
15,0	12,90	2,04	13,39	2,35
15,5	14,34	1,42	10,65	NA
16,0	8,87	NA	11,53	2,16
16,5	13,57	2,23	12,13	1,96
17,0	13,30	1,61	14,91	NA
17,5	13,26	0,46	10,66	NA
18,0	11,69	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	12,75	NA	NA	NA
19,5	10,18	NA	13,59	NA
20,0	12,72	NA	NA	NA

APmS (°)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	128,06	5,69	126,50	6,16
9,0	127,25	2,80	119,23	NA
9,5	125,55	5,78	119,93	4,64
10,0	127,20	5,40	123,49	3,71
10,5	122,94	2,11	121,27	3,88
11,0	120,63	1,87	117,34	3,24
11,5	123,04	4,40	123,69	5,20
12,0	120,68	4,74	120,78	3,45
12,5	123,63	5,52	123,78	3,61
13,0	119,06	2,02	122,21	5,35
13,5	121,69	4,14	123,12	4,87
14,0	119,74	3,16	119,70	5,30
14,5	119,22	3,29	124,96	3,46
15,0	119,40	3,81	121,40	4,44
15,5	120,54	3,77	120,96	NA
16,0	130,80	NA	123,34	4,09
16,5	117,08	1,64	120,18	4,43
17,0	123,29	5,01	118,97	NA
17,5	118,48	4,38	123,65	NA
18,0	127,50	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	118,98	NA	NA	NA
19,5	129,22	NA	129,56	NA
20,0	127,15	NA	NA	NA

NAPm (°)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	84,43	5,01	82,13	2,99
9,0	83,53	2,87	87,20	NA
9,5	84,62	4,94	86,39	2,39
10,0	84,11	4,71	84,09	1,41
10,5	85,03	2,10	85,89	2,58
11,0	87,61	1,24	85,38	1,67
11,5	85,52	3,34	83,90	3,94
12,0	87,25	4,17	84,97	1,91
12,5	84,80	3,23	82,46	3,46
13,0	86,24	2,82	84,37	3,33
13,5	86,89	3,53	85,30	3,55
14,0	87,58	4,12	84,50	4,00
14,5	86,59	4,11	83,80	1,21
15,0	87,75	3,01	84,16	4,01
15,5	90,69	3,51	82,62	NA
16,0	84,41	NA	84,61	3,06
16,5	87,66	2,05	86,70	2,83
17,0	86,85	3,52	86,39	NA
17,5	88,02	4,42	80,56	NA
18,0	85,19	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	88,69	NA	NA	NA
19,5	83,93	NA	78,79	NA
20,0	84,50	NA	NA	NA

APrPm (°)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	75,26	1,06	67,31	8,79
9,0	68,70	1,09	66,80	NA
9,5	69,54	6,67	68,47	2,62
10,0	68,28	4,66	65,81	5,38
10,5	69,40	8,32	65,99	5,56
11,0	64,47	2,82	68,52	8,70
11,5	67,95	7,37	66,86	6,27
12,0	63,16	5,04	64,70	5,14
12,5	64,69	8,75	66,00	1,95
13,0	63,62	4,71	63,27	4,54
13,5	65,03	6,28	62,66	3,69
14,0	64,81	7,31	60,73	3,56
14,5	63,96	8,59	61,60	6,51
15,0	66,41	7,95	62,06	3,97
15,5	66,87	6,44	64,52	NA
16,0	66,55	NA	60,35	4,00
16,5	67,53	3,25	61,74	4,49
17,0	63,46	1,76	63,76	NA
17,5	66,81	7,87	66,70	NA
18,0	65,39	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	61,62	NA	NA	NA
19,5	61,35	NA	69,95	NA
20,0	67,06	NA	NA	NA

PmAPr (°)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	16,12	2,25	15,58	3,65
9,0	12,91	2,02	12,16	NA
9,5	15,20	1,91	18,12	3,00
10,0	19,45	1,23	15,47	3,20
10,5	14,91	1,43	16,82	1,45
11,0	15,50	4,18	16,60	1,87
11,5	16,09	2,31	15,62	1,66
12,0	16,71	2,06	16,61	1,95
12,5	17,82	3,03	15,17	1,86
13,0	17,78	1,09	16,46	2,01
13,5	17,44	3,94	16,93	2,79
14,0	18,50	2,13	17,13	2,08
14,5	16,48	2,32	17,37	3,06
15,0	18,57	2,36	19,78	3,17
15,5	20,60	3,12	14,94	NA
16,0	17,30	NA	17,18	2,73
16,5	18,95	2,76	18,13	2,54
17,0	19,55	2,78	20,14	NA
17,5	18,13	0,66	14,44	NA
18,0	17,13	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	18,57	NA	NA	NA
19,5	18,01	NA	16,85	NA
20,0	17,43	NA	NA	NA

SpPrPm (°)	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	88,81	9,59	84,60	9,83
9,0	84,66	9,74	89,38	NA
9,5	87,40	2,58	84,16	1,84
10,0	83,24	7,94	82,86	5,26
10,5	85,02	9,69	83,09	8,39
11,0	88,94	9,76	83,86	8,10
11,5	85,42	8,75	85,77	6,18
12,0	84,04	5,12	82,49	4,94
12,5	81,59	9,35	86,49	2,20
13,0	83,93	7,24	86,07	5,29
13,5	85,23	4,61	81,59	5,13
14,0	85,61	9,17	84,02	5,49
14,5	83,72	9,28	82,64	4,88
15,0	85,30	7,75	81,79	4,79
15,5	85,74	4,59	83,70	NA
16,0	91,32	NA	82,84	7,73
16,5	81,19	7,79	83,34	3,68
17,0	83,43	9,83	87,63	NA
17,5	83,34	8,76	88,96	NA
18,0	83,64	NA	NA	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	82,77	NA	NA	NA
19,5	83,40	NA	89,17	NA
20,0	87,18	NA	NA	NA

PmSpPr (mm) I.	Pat:	2992	m	w	PmSpPr (mm) II.	Pat:	2992	m	w
	702	FRS	1376	1616		702	FRS	1376	1616
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>		<u>m</u>	<u>m</u>	<u>w</u>	<u>w</u>
Alter	mean	sd	mean	sd	Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	75,07	7,89	79,82	1,14	14,5	79,80	9,57	79,99	6,76
9,0	82,43	1,35	78,47	NA	15,0	76,14	8,13	78,43	6,16
9,5	77,41	1,83	77,73	2,01	15,5	73,66	5,37	81,36	NA
10,0	77,32	7,54	81,67	4,54	16,0	71,38	NA	79,98	6,92
10,5	80,07	9,20	80,09	8,39	16,5	79,86	5,02	78,53	2,74
11,0	75,56	7,21	79,54	8,67	17,0	77,02	1,19	72,24	NA
11,5	78,49	8,16	78,61	5,55	17,5	78,53	9,33	76,61	NA
12,0	79,25	3,84	80,90	6,38	18,0	79,23	NA	NA	NA
12,5	80,59	7,23	78,34	3,60	18,5	NA	NA	NA	NA
13,0	78,29	7,40	77,47	6,07	19,0	78,67	NA	NA	NA
13,5	77,32	3,69	81,48	5,68	19,5	78,59	NA	73,98	NA
14,0	75,89	1,05	78,85	6,33	20,0	75,39	NA	NA	NA

11.3. Allgemeine Untersuchung mit verschiedenen Headgeararten - Tabellen

SNA (°)	gesHG	33HG	143	FRS	NL-NSL (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS		VG	40VG	228	FRS
	<u>HG</u>	<u>HG</u>	<u>VG</u>	<u>VG</u>		<u>HG</u>	<u>HG</u>	<u>VG</u>	<u>VG</u>
Alter	mean	sd	mean	sd	Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	81,51	3,97	80,73	4,13	8,5	9,49	1,25	10,82	3,69
9,0	85,65	5,44	79,59	2,95	9,0	4,98	2,35	11,07	3,86
9,5	79,95	2,92	78,39	2,54	9,5	10,54	3,68	10,24	3,97
10,0	80,65	3,27	79,09	2,53	10,0	10,16	4,17	10,73	2,87
10,5	82,66	5,63	79,84	2,71	10,5	7,42	2,68	9,81	3,13
11,0	81,01	2,41	79,25	1,85	11,0	9,65	2,97	10,06	2,12
11,5	81,89	3,84	78,85	3,11	11,5	8,59	4,51	10,51	3,09
12,0	80,09	2,65	78,93	3,49	12,0	10,01	2,67	9,75	2,78
12,5	80,73	4,12	79,43	3,37	12,5	6,64	3,10	10,45	3,45
13,0	82,67	2,78	78,55	3,26	13,0	9,37	2,28	10,29	3,60
13,5	80,87	2,25	78,41	2,74	13,5	9,72	3,74	10,10	2,57
14,0	81,75	4,54	77,87	3,37	14,0	7,55	5,33	10,38	4,22
14,5	79,35	1,82	80,18	2,25	14,5	9,34	2,42	8,94	2,65
15,0	79,37	3,33	78,08	2,53	15,0	10,64	3,91	9,94	3,07
15,5	80,82	2,75	77,59	2,97	15,5	6,80	2,74	7,13	4,75
16,0	82,06	3,86	80,18	2,66	16,0	7,72	4,09	9,27	4,24
16,5	79,89	3,10	79,00	2,70	16,5	8,54	2,82	8,20	2,21
17,0	83,04	2,39	77,49	4,54	17,0	5,22	4,32	9,91	2,81
17,5	79,53	NA	79,71	1,71	17,5	6,35	NA	10,83	4,92
18,0	78,63	NA	78,61	NA	18,0	6,91	NA	10,75	NA
18,5	NA	NA	NA	NA	18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	88,86	NA	78,22	NA	19,0	0,81	NA	7,29	NA
19,5	NA	NA	78,93	NA	19,5	NA	NA	14,18	NA
20,0	87,62	NA	76,90	NA	20,0	0,65	NA	13,89	NA

Pm-Spa (NL;mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	49,03	2,67	46,33	2,72
9,0	49,02	0,71	47,43	2,68
9,5	48,58	2,43	47,46	2,28
10,0	50,24	2,54	47,05	1,73
10,5	48,60	2,87	48,89	2,82
11,0	51,04	3,61	50,43	1,53
11,5	50,94	2,81	49,11	3,18
12,0	49,92	3,33	50,23	3,19
12,5	50,33	3,20	50,74	3,02
13,0	52,58	2,97	50,81	2,95
13,5	53,44	3,71	50,65	2,64
14,0	52,50	4,14	52,06	3,09
14,5	50,63	2,57	52,24	3,00
15,0	52,48	3,38	52,19	2,25
15,5	52,87	2,73	51,05	4,24
16,0	53,40	4,31	49,83	3,93
16,5	53,62	4,00	52,16	2,11
17,0	55,21	2,94	51,32	2,72
17,5	54,68	NA	55,75	2,01
18,0	56,31	NA	46,74	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	59,27	NA	56,17	NA
19,5	NA	NA	53,51	NA
20,0	62,23	NA	48,48	NA

Pm-A (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	45,20	2,76	43,41	2,63
9,0	44,73	1,39	44,76	1,76
9,5	44,03	1,30	44,21	2,47
10,0	45,58	1,78	43,96	1,77
10,5	43,85	2,30	45,69	2,73
11,0	45,75	2,75	46,49	1,19
11,5	46,66	2,04	45,67	2,63
12,0	45,41	2,77	46,29	2,96
12,5	45,70	2,40	47,14	3,27
13,0	47,81	2,87	46,22	2,80
13,5	48,14	3,15	46,55	2,69
14,0	47,02	3,31	46,92	3,10
14,5	45,70	2,41	47,83	2,73
15,0	47,69	2,52	47,26	2,67
15,5	47,65	2,25	45,96	4,64
16,0	48,16	3,75	45,24	3,24
16,5	48,81	3,27	47,65	2,33
17,0	49,48	3,10	45,50	1,89
17,5	47,05	NA	51,18	1,52
18,0	49,65	NA	43,09	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	54,04	NA	50,71	NA
19,5	NA	NA	48,73	NA
20,0	55,55	NA	43,96	NA

Pm-Pr (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	47,70	0,35	45,43	3,57
9,0	46,68	2,35	47,12	2,54
9,5	47,84	1,32	46,48	2,30
10,0	48,00	2,06	46,71	2,52
10,5	46,97	1,47	48,41	2,21
11,0	48,32	3,35	49,48	1,73
11,5	50,15	2,24	48,31	2,62
12,0	47,89	2,77	49,79	2,74
12,5	48,71	2,58	50,45	2,60
13,0	50,41	2,74	49,80	2,98
13,5	51,70	3,77	50,18	2,43
14,0	51,23	4,09	50,94	3,08
14,5	49,19	2,00	51,78	3,01
15,0	51,87	2,17	51,22	3,47
15,5	51,11	2,63	49,37	4,30
16,0	52,16	3,59	49,24	3,39
16,5	52,87	3,85	51,70	2,15
17,0	52,99	3,32	49,80	2,96
17,5	50,61	NA	54,68	2,22
18,0	53,20	NA	46,20	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	56,46	NA	55,50	NA
19,5	NA	NA	52,04	NA
20,0	58,74	NA	46,97	NA

A-Pr (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	9,11	3,13	8,63	1,87
9,0	9,31	0,85	7,02	2,45
9,5	10,13	2,74	8,53	1,31
10,0	9,06	1,45	9,12	2,12
10,5	11,11	1,15	9,33	1,11
11,0	10,21	2,77	10,37	1,87
11,5	10,27	1,76	8,75	1,32
12,0	9,08	1,99	10,10	1,25
12,5	10,50	1,63	9,82	1,59
13,0	9,27	2,57	9,79	1,03
13,5	10,92	2,56	10,43	1,95
14,0	11,48	3,02	10,98	1,19
14,5	9,52	2,05	10,75	1,61
15,0	11,68	1,77	11,97	1,77
15,5	11,03	2,18	11,85	1,21
16,0	11,32	1,71	10,09	1,96
16,5	11,32	2,30	11,64	2,06
17,0	11,80	2,02	12,57	2,07
17,5	84,20	NA	11,85	1,54
18,0	11,73	NA	9,60	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	8,92	NA	12,72	NA
19,5	NA	NA	11,14	NA
20,0	8,57	NA	10,51	NA

S-Pm (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	39,41	5,20	38,21	3,19
9,0	42,89	2,51	37,41	1,52
9,5	39,01	3,37	39,44	2,61
10,0	39,63	3,53	38,90	2,88
10,5	41,94	1,92	40,68	3,07
11,0	41,06	2,81	40,09	1,41
11,5	42,14	3,58	41,19	3,67
12,0	41,73	2,62	41,62	2,51
12,5	44,16	3,22	42,07	3,43
13,0	43,51	0,85	42,12	2,79
13,5	42,77	2,74	42,85	2,37
14,0	45,15	2,47	42,61	3,46
14,5	43,99	2,91	44,83	3,49
15,0	43,05	2,25	43,12	2,35
15,5	45,07	3,23	46,91	3,23
16,0	45,06	1,41	42,81	2,85
16,5	45,21	3,10	43,68	3,16
17,0	46,84	2,53	43,77	2,05
17,5	43,46	NA	43,98	4,36
18,0	46,07	NA	44,20	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	47,50	NA	45,81	NA
19,5	NA	NA	40,92	NA
20,0	47,16	NA	44,87	NA

N-A (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	48,51	5,15	48,22	2,37
9,0	47,01	1,93	48,27	3,41
9,5	49,51	2,20	51,12	2,12
10,0	49,58	3,50	50,57	3,47
10,5	49,77	3,03	51,06	2,32
11,0	51,11	2,17	51,25	2,11
11,5	51,13	2,35	53,14	3,25
12,0	51,92	3,82	53,05	2,63
12,5	51,92	1,91	54,48	3,79
13,0	53,08	1,99	54,84	2,89
13,5	53,42	3,00	54,66	2,87
14,0	54,21	3,75	55,82	3,08
14,5	54,44	2,31	55,41	4,11
15,0	55,21	4,46	55,98	2,77
15,5	53,32	0,91	56,35	2,97
16,0	54,32	4,31	53,19	3,02
16,5	55,69	2,89	54,60	3,20
17,0	53,98	4,36	55,82	2,73
17,5	53,32	NA	56,75	2,38
18,0	56,55	NA	54,27	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	49,37	NA	56,75	NA
19,5	NA	NA	56,11	NA
20,0	49,80	NA	58,07	NA

Sp-A (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	5,21	1,03	5,08	0,88
9,0	5,30	1,94	4,65	1,54
9,5	6,10	1,39	5,81	1,37
10,0	6,11	1,34	5,78	1,60
10,5	6,18	0,77	5,29	0,96
11,0	6,72	1,41	5,47	1,15
11,5	5,78	1,27	5,96	1,53
12,0	6,01	0,59	6,08	0,94
12,5	6,15	1,74	6,41	1,44
13,0	6,05	1,52	6,92	1,66
13,5	6,70	1,22	6,41	1,37
14,0	7,45	1,66	7,27	1,92
14,5	6,50	1,10	6,55	1,97
15,0	6,32	1,37	7,23	1,51
15,5	6,74	1,25	7,10	1,70
16,0	6,86	1,01	6,84	1,29
16,5	6,80	1,34	6,83	0,97
17,0	7,40	0,92	7,79	2,94
17,5	9,44	NA	6,20	0,72
18,0	8,60	NA	5,61	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	6,88	NA	7,77	NA
19,5	NA	NA	6,88	NA
20,0	8,16	NA	5,91	NA

Sp-Pr (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	12,82	1,59	12,85	2,41
9,0	12,94	1,32	10,65	1,83
9,5	14,06	2,67	13,40	1,61
10,0	13,28	1,93	13,99	2,83
10,5	15,27	0,57	13,46	1,20
11,0	14,88	2,80	14,17	2,52
11,5	14,05	1,94	13,55	1,42
12,0	13,28	2,45	14,51	1,63
12,5	14,69	2,44	14,95	2,33
13,0	13,50	2,86	14,93	1,54
13,5	15,13	2,70	15,03	2,55
14,0	16,50	3,36	16,05	1,73
14,5	13,70	2,57	15,37	2,41
15,0	15,68	2,04	17,29	2,20
15,5	15,51	1,94	17,10	2,28
16,0	15,72	2,03	14,85	1,84
16,5	15,86	2,72	16,61	2,19
17,0	16,82	2,78	17,63	2,75
17,5	14,54	NA	16,13	2,16
18,0	17,78	NA	13,85	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	13,84	NA	18,10	NA
19,5	NA	NA	16,02	NA
20,0	13,67	NA	14,54	NA

Pm-N (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	63,08	3,38	60,97	3,18
9,0	62,44	2,48	62,72	2,59
9,5	63,08	2,39	64,79	1,94
10,0	64,11	2,31	63,50	1,72
10,5	63,54	2,37	65,76	2,27
11,0	65,25	3,25	66,95	1,92
11,5	66,14	1,75	66,90	2,69
12,0	66,12	4,26	67,93	2,89
12,5	67,90	1,93	68,22	3,55
13,0	67,50	3,11	68,65	3,15
13,5	68,58	3,52	69,25	2,89
14,0	68,77	1,97	70,27	2,73
14,5	68,74	2,43	70,31	4,36
15,0	70,03	3,47	70,66	2,97
15,5	69,99	1,93	72,31	3,23
16,0	69,63	3,24	66,47	3,64
16,5	71,64	3,48	70,58	3,81
17,0	71,16	2,26	69,98	3,90
17,5	69,76	NA	72,99	3,99
18,0	74,31	NA	66,41	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	70,48	NA	75,14	NA
19,5	NA	NA	68,60	NA
20,0	72,74	NA	69,39	NA

SLOT/Pm N (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	34,55	3,85	34,04	2,15
9,0	33,57	0,24	34,25	2,21
9,5	34,37	1,34	34,70	2,16
10,0	35,03	2,12	34,74	1,88
10,5	34,17	1,04	35,31	1,80
11,0	35,63	1,93	35,50	1,37
11,5	35,87	2,00	36,03	2,14
12,0	35,45	1,69	35,98	1,97
12,5	34,73	1,83	37,35	2,67
13,0	37,33	1,50	36,71	1,99
13,5	37,27	2,83	36,57	2,11
14,0	36,77	0,89	37,08	2,76
14,5	36,06	1,99	37,51	2,50
15,0	37,38	2,04	37,26	2,10
15,5	36,23	1,28	35,66	2,99
16,0	37,32	2,75	35,99	2,57
16,5	37,78	2,41	36,77	1,75
17,0	37,32	1,54	36,19	1,07
17,5	35,93	NA	39,57	2,29
18,0	37,77	NA	35,09	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	37,76	NA	38,22	NA
19,5	NA	NA	39,24	NA
20,0	37,98	NA	36,62	NA

ALot/Pm N (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	34,55	3,85	34,04	2,15
9,0	33,57	0,24	34,25	2,21
9,5	34,37	1,34	34,70	2,16
10,0	35,03	2,12	34,74	1,88
10,5	34,17	1,04	35,31	1,80
11,0	35,63	1,93	35,50	1,37
11,5	35,87	2,00	36,03	2,14
12,0	35,45	1,69	35,98	1,97
12,5	34,73	1,83	37,35	2,67
13,0	37,33	1,50	36,71	1,99
13,5	37,27	2,83	36,57	2,11
14,0	36,77	0,89	37,08	2,76
14,5	36,06	1,99	37,51	2,50
15,0	37,38	2,04	37,26	2,10
15,5	36,23	1,28	35,66	2,99
16,0	37,32	2,75	35,99	2,57
16,5	37,78	2,41	36,77	1,75
17,0	37,32	1,54	36,19	1,07
17,5	35,93	NA	39,57	2,29
18,0	37,77	NA	35,09	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	37,76	NA	38,22	NA
19,5	NA	NA	39,24	NA
20,0	37,98	NA	36,62	NA

ALot/Pm Pr (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	8,29	2,24	8,05	1,75
9,0	8,84	0,71	6,30	1,86
9,5	8,86	2,03	7,95	1,30
10,0	8,40	1,45	8,36	1,95
10,5	10,20	1,18	8,56	0,94
11,0	9,50	2,52	9,50	1,92
11,5	9,22	1,66	8,02	1,15
12,0	8,41	1,98	9,05	1,22
12,5	9,64	1,34	8,81	1,34
13,0	8,54	2,24	8,71	0,69
13,5	9,85	2,26	9,31	1,80
14,0	10,13	2,60	9,70	1,05
14,5	8,42	1,94	9,47	1,31
15,0	10,31	1,14	10,69	1,51
15,5	9,90	1,83	10,81	1,11
16,0	10,10	1,30	8,79	1,72
16,5	9,94	2,70	10,37	1,79
17,0	10,74	2,21	10,89	1,59
17,5	7,33	NA	10,83	1,38
18,0	10,74	NA	8,73	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	8,38	NA	11,19	NA
19,5	NA	NA	10,19	NA
20,0	7,71	NA	9,68	NA

PrLotPm Sp (mm)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	12,30	2,18	12,42	2,51
9,0	12,12	0,62	10,37	1,86
9,5	13,64	2,57	13,08	1,55
10,0	12,59	1,78	13,70	2,74
10,5	14,67	0,81	13,13	1,19
11,0	13,96	2,87	13,75	2,57
11,5	13,73	1,84	13,19	1,42
12,0	12,67	2,39	14,22	1,52
12,5	14,06	2,16	14,65	2,41
13,0	12,96	2,78	14,49	1,42
13,5	12,24	8,58	14,72	2,39
14,0	15,94	3,16	15,48	1,48
14,5	13,27	2,60	14,97	2,36
15,0	15,29	2,13	16,73	2,10
15,5	14,77	2,19	16,41	1,88
16,0	15,24	2,16	14,48	1,85
16,5	15,44	2,40	16,28	2,23
17,0	16,04	2,40	16,84	2,65
17,5	13,31	NA	15,67	2,07
18,0	16,80	NA	13,61	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	13,13	NA	17,67	NA
19,5	NA	NA	15,54	NA
20,0	12,76	NA	14,07	NA

PmSN (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	71,03	3,58	68,70	3,68
9,0	69,37	4,26	71,08	4,38
9,5	71,95	3,05	73,09	2,28
10,0	70,41	2,32	71,85	2,60
10,5	72,99	4,84	72,56	5,32
11,0	72,27	4,57	75,66	4,01
11,5	71,93	2,82	72,97	4,04
12,0	71,87	4,22	74,37	4,13
12,5	72,99	2,70	72,87	4,31
13,0	72,35	2,82	75,36	3,62
13,5	72,90	2,94	73,11	3,33
14,0	72,38	3,38	76,46	3,55
14,5	73,35	2,78	72,88	3,41
15,0	75,53	3,66	75,57	2,69
15,5	73,22	2,92	72,46	3,27
16,0	73,87	3,22	71,07	3,81
16,5	73,23	3,24	74,76	4,15
17,0	73,82	4,84	73,97	4,36
17,5	75,84	NA	74,71	2,97
18,0	74,61	NA	68,70	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	68,96	NA	74,13	NA
19,5	NA	NA	70,32	NA
20,0	71,42	NA	71,45	NA

PrPmA (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	10,72	3,45	10,68	2,22
9,0	11,41	1,07	8,08	2,35
9,5	11,65	2,82	10,45	2,26
10,0	10,66	1,99	10,97	2,50
10,5	13,48	1,71	10,85	1,45
11,0	11,99	3,02	11,78	2,23
11,5	11,41	2,08	10,14	1,50
12,0	10,75	2,82	11,29	1,53
12,5	11,95	2,05	10,83	1,82
13,0	10,58	2,61	10,90	1,09
13,5	11,82	2,57	11,61	2,51
14,0	12,45	3,13	11,97	1,48
14,5	10,67	2,90	11,45	1,66
15,0	12,55	1,87	13,15	2,15
15,5	11,99	2,16	13,73	1,97
16,0	12,20	2,09	11,23	2,20
16,5	11,78	3,25	12,57	2,04
17,0	12,70	3,36	13,83	1,81
17,5	8,96	NA	12,22	1,47
18,0	12,50	NA	11,69	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	8,92	NA	12,75	NA
19,5	NA	NA	11,89	NA
20,0	7,98	NA	12,72	NA

APmS (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	122,70	4,37	127,28	5,55
9,0	119,30	0,73	124,57	5,05
9,5	123,49	4,39	123,14	5,74
10,0	124,33	4,28	124,97	4,59
10,5	119,22	0,83	122,18	3,00
11,0	122,20	5,22	118,75	3,09
11,5	121,13	3,94	123,30	4,57
12,0	122,85	4,30	120,74	3,92
12,5	118,35	3,31	123,68	4,79
13,0	121,22	2,08	121,00	4,54
13,5	121,35	5,68	122,53	4,50
14,0	120,83	3,07	119,72	4,29
14,5	121,04	3,70	121,42	4,33
15,0	119,73	4,19	120,40	4,14
15,5	118,40	2,35	120,61	3,37
16,0	118,74	3,59	124,17	4,56
16,5	120,57	3,44	119,25	3,99
17,0	116,53	1,77	121,85	4,48
17,5	116,80	NA	120,55	5,37
18,0	118,21	NA	127,50	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	116,38	NA	118,98	NA
19,5	NA	NA	129,39	NA
20,0	113,81	NA	127,15	NA

NAPm (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	84,77	4,29	83,28	4,01
9,0	85,68	2,00	84,75	2,94
9,5	84,60	2,86	85,38	3,87
10,0	84,61	2,93	84,10	2,91
10,5	85,12	1,29	85,42	2,25
11,0	84,52	2,86	86,34	1,83
11,5	85,05	3,59	84,87	3,55
12,0	85,18	3,11	85,97	3,20
12,5	87,65	2,96	84,02	3,35
13,0	83,76	2,43	85,09	3,16
13,5	84,88	4,44	85,95	3,52
14,0	85,04	1,91	85,95	4,23
14,5	86,26	3,33	85,51	3,51
15,0	85,37	2,56	85,95	3,91
15,5	87,57	2,68	89,35	4,55
16,0	85,33	3,25	84,59	2,86
16,5	86,31	4,06	86,99	2,54
17,0	86,62	3,13	86,70	3,02
17,5	87,83	NA	85,03	5,29
18,0	88,55	NA	85,19	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	85,80	NA	88,69	NA
19,5	NA	NA	81,36	NA
20,0	87,16	NA	84,50	NA

APrPm (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	71,35	1,42	71,29	9,98
9,0	72,50	6,11	68,06	1,11
9,5	63,44	8,91	69,08	4,98
10,0	68,96	6,99	66,80	5,00
10,5	66,95	4,80	67,85	7,08
11,0	69,27	5,23	66,78	6,72
11,5	64,22	4,97	67,51	6,74
12,0	68,09	5,67	64,03	4,99
12,5	69,41	1,01	65,13	7,08
13,0	68,31	1,08	63,40	4,41
13,5	65,17	5,42	63,63	4,89
14,0	62,40	3,87	62,65	5,84
14,5	62,02	5,19	63,05	7,65
15,0	63,36	6,95	64,23	6,50
15,5	66,06	1,01	66,48	5,84
16,0	63,50	3,00	61,04	4,27
16,5	61,38	1,01	63,48	4,86
17,0	65,66	6,88	63,56	1,37
17,5	60,56	NA	66,77	5,65
18,0	66,28	NA	65,39	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	69,89	NA	61,62	NA
19,5	NA	NA	65,65	NA
20,0	64,17	NA	67,06	NA

PmAPr (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	14,95	2,74	15,85	2,82
9,0	15,10	1,51	12,66	1,68
9,5	16,54	2,94	16,45	2,70
10,0	15,24	2,23	17,06	3,23
10,5	18,28	1,71	15,78	1,69
11,0	16,80	3,14	16,13	2,81
11,5	15,88	1,99	15,90	2,02
12,0	15,47	3,63	16,65	1,93
12,5	16,78	2,36	16,94	2,92
13,0	14,78	3,07	16,97	1,79
13,5	16,34	2,34	17,14	3,20
14,0	18,11	3,26	17,77	2,16
14,5	15,72	3,74	16,83	2,54
15,0	17,17	2,53	19,17	2,78
15,5	16,81	2,29	19,66	3,62
16,0	17,09	2,92	17,19	2,56
16,5	17,04	2,96	18,38	2,48
17,0	17,83	3,87	19,75	2,66
17,5	15,25	NA	16,65	2,10
18,0	18,40	NA	17,13	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	13,45	NA	18,57	NA
19,5	NA	NA	17,43	NA
20,0	12,55	NA	17,43	NA

SpPrPm (°)	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	89,56	1,42	86,71	1,02
9,0	92,07	1,10	86,23	1,19
9,5	85,11	1,01	86,01	2,73
10,0	91,92	7,07	83,01	6,03
10,5	87,08	6,36	84,14	8,72
11,0	92,57	8,22	86,04	8,48
11,5	85,13	5,47	85,56	7,58
12,0	91,45	7,58	83,17	4,92
12,5	88,20	7,41	83,22	7,92
13,0	90,67	7,80	85,24	5,92
13,5	88,49	5,48	83,09	5,12
14,0	85,58	7,23	84,77	7,81
14,5	88,19	8,35	83,30	8,36
15,0	84,00	8,59	83,54	6,50
15,5	88,74	1,11	85,40	4,19
16,0	86,43	7,89	83,79	7,76
16,5	83,24	6,51	82,70	4,86
17,0	88,15	5,25	84,83	9,28
17,5	98,46	NA	85,59	7,00
18,0	90,75	NA	83,64	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	94,93	NA	82,77	NA
19,5	NA	NA	86,29	NA
20,0	98,42	NA	87,18	NA

PmSpPr (°) I.	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	75,49	1,15	77,45	9,42
9,0	72,83	1,25	81,11	1,07
9,5	78,35	8,99	77,55	1,75
10,0	72,84	7,06	79,93	5,95
10,5	74,65	4,67	80,08	8,39
11,0	70,62	6,52	77,83	7,71
11,5	78,99	5,59	78,54	7,00
12,0	73,09	5,79	80,18	5,32
12,5	75,02	7,42	79,84	6,16
13,0	74,55	6,52	77,79	6,32
13,5	75,17	5,21	79,77	5,26
14,0	76,31	6,39	77,46	8,40

PmSpPr (°) II.	gesHG	33HG	143	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
14,5	76,09	6,45	79,87	8,28
15,0	78,83	7,13	77,28	7,10
15,5	74,45	9,70	74,94	5,74
16,0	76,47	5,78	79,02	7,08
16,5	79,71	8,98	78,93	3,32
17,0	74,03	6,90	75,43	9,68
17,5	66,29	NA	77,76	6,73
18,0	70,85	NA	79,23	NA
18,5	NA	NA	NA	NA
19,0	71,62	NA	78,67	NA
19,5	NA	NA	76,29	NA
20,0	69,03	NA	75,39	NA

11.4. Entwicklungsuntersuchung mit zervikalen Headgear – Tabellen

SNA (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,5	80,11	3,71	78,39	2,54
10,0	79,78	3,18	79,08	2,52
10,5	89,14	NA	79,83	2,71
11,0	79,11	1,88	79,25	1,85
11,5	81,04	4,23	78,85	3,11
12,0	79,13	1,37	78,92	3,48
12,5	78,1	3,15	79,42	3,37
13,0	82,67	2,77	78,55	3,25
13,5	79,67	1,47	78,41	2,74
14,0	81,74	5,92	77,86	3,37
14,5	79,35	1,82	80,17	2,25
15,0	78,92	3,41	78,08	2,52
15,5	80,73	2,12	77,58	2,97
16,0	82,09	4,22	80,18	2,66
16,5	80,93	2,34	79,00	2,69
17,0	84,93	NA	77,48	4,54
17,5	79,53	NA	79,71	1,71
18,0	78,63	NA	78,61	NA

NL-NSL (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,5	9,27	0,12	9,20	0,15
10,0	9,75	0,12	9,68	0,15
10,5	10,20	NA	10,21	0,16
11,0	10,60	0,08	10,66	0,13
11,5	11,28	0,15	11,21	0,16
12,0	11,68	0,08	11,65	0,12
12,5	12,12	0,16	12,29	0,12
13,0	12,73	0,14	12,62	0,11
13,5	13,18	0,18	13,27	0,14
14,0	13,55	0,06	13,67	0,16
14,5	14,11	0,16	14,17	0,16
15,0	14,68	0,17	14,72	0,13
15,5	15,18	0,13	15,13	0,08
16,0	15,72	0,15	15,69	0,13
16,5	16,20	0,18	16,05	0,10
17,0	16,60	NA	16,73	0,12
17,5	17,00	NA	17,24	0,18
18,0	17,60	NA	17,70	NA

Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	4,72	150,7	5,32
alternat.	true	in	is not	to 0
hypothesis:	differen.	means	equal	
	con-	inter-		
	fidence	val	1,16	2,84

Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-3,14	149,3	0,002
alternat.	true	in	is not	to 0
hypothesis:	differen.	means	equal	
	con-	inter-		
	fidence	val	-2,45	-0,56

Pm-Spa (NL mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	49,83	NA	47,43	2,68
9,5	48,05	1,20	47,45	2,28
10,0	49,63	2,16	47,05	1,72
10,5	50,00	NA	48,88	2,81
11,0	49,03	3,25	50,42	1,52
11,5	50,94	NA	49,11	3,17
12,0	49,98	3,71	50,22	3,18
12,5	49,21	1,99	50,74	3,02
13,0	52,57	2,97	50,81	2,95
13,5	52,08	2,21	50,64	2,64
14,0	53,65	3,28	52,06	3,08
14,5	50,62	2,57	52,23	3,00
15,0	53,42	2,51	52,19	2,25
15,5	52,83	2,00	51,05	4,23
16,0	54,44	3,61	49,83	3,93
16,5	54,92	3,16	52,16	2,10
17,0	56,44	NA	51,32	2,71
17,5	54,68	NA	55,75	2,01
18,0	56,31	NA	46,74	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	3,62	157,0	0,001
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	0,74	2,52

Pm-A (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	43,96	NA	44,75	1,76
9,5	44,19	1,23	44,21	2,46
10,0	45,18	1,76	43,96	1,77
10,5	45,05	NA	45,69	2,72
11,0	44,06	2,14	46,49	1,19
11,5	46,62	1,02	45,66	2,62
12,0	45,45	3,09	46,29	2,95
12,5	45,41	1,92	47,14	3,26
13,0	47,81	2,87	46,21	2,80
13,5	47,16	2,39	46,55	2,68
14,0	48,43	3,63	46,92	3,09
14,5	45,70	2,40	47,83	2,72
15,0	48,46	1,62	47,26	2,67
15,5	47,31	2,04	45,95	4,63
16,0	48,91	3,47	45,24	3,24
16,5	50,06	1,92	47,64	2,33
17,0	51,05	NA	45,49	1,89
17,5	47,05	NA	51,17	1,52
18,0	49,65	NA	43,09	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	2,44	157,8	0,016
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	0,18	1,76

Pm-Pr (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	45,95	NA	47,11	2,53
9,5	47,24	1,46	46,48	2,29
10,0	47,65	1,92	46,70	2,52
10,5	47,38	NA	48,41	2,21
11,0	46,15	2,21	49,47	1,73
11,5	50,24	1,35	48,30	2,62
12,0	48,08	3,04	49,78	2,73
12,5	48,13	2,87	50,45	2,60
13,0	50,40	2,73	49,79	2,98
13,5	50,67	2,68	50,18	2,42
14,0	52,50	4,49	50,94	3,07
14,5	49,19	2,00	51,77	3,00
15,0	52,21	2,15	51,21	3,47
15,5	51,44	2,29	49,36	4,30
16,0	52,64	3,67	49,24	3,39
16,5	54,31	2,42	51,70	2,14
17,0	54,92	NA	49,79	2,95
17,5	50,61	NA	54,68	2,22
18,0	53,20	NA	46,20	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	2,01	156,0	0,047
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	0,14	1,81

A-Pr (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	10,10	NA	7,02	2,45
9,5	8,91	3,08	8,53	1,31
10,0	9,42	1,24	9,12	2,12
10,5	12,00	NA	9,33	1,11
11,0	8,73	2,15	10,37	1,87
11,5	9,80	1,08	8,75	1,32
12,0	9,11	2,22	10,10	1,25
12,5	10,14	1,72	9,82	1,59
13,0	9,27	2,57	9,79	1,03
13,5	10,14	1,59	10,43	1,95
14,0	10,39	1,92	10,98	1,19
14,5	9,52	2,05	10,75	1,61
15,0	11,22	1,41	11,97	1,77
15,5	10,32	2,40	11,85	1,21
16,0	10,91	1,45	10,09	1,96
16,5	11,08	2,58	11,64	2,06
17,0	11,25	NA	12,57	2,07
17,5	8,42	NA	11,85	1,54
18,0	11,73	NA	9,60	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-1,01	188,6	0,316
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-0,71	0,23

S-Pm (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	44,20	NA	37,40	1,52
9,5	38,34	1,64	39,44	2,61
10,0	38,20	3,19	38,89	2,87
10,5	44,05	NA	40,68	3,06
11,0	41,02	1,69	40,09	1,41
11,5	40,90	3,65	41,18	3,67
12,0	42,57	1,79	41,61	2,51
12,5	43,06	3,10	42,07	3,43
13,0	43,50	0,85	42,11	2,79
13,5	42,83	2,30	42,85	2,36
14,0	43,98	2,31	42,60	3,45
14,5	43,98	2,91	44,82	3,49
15,0	42,55	2,01	43,12	2,34
15,5	45,30	4,01	46,91	3,23
16,0	44,96	1,52	42,81	2,84
16,5	45,81	3,23	43,68	3,16
17,0	48,60	NA	43,76	2,04
17,5	43,46	NA	43,97	4,36
18,0	46,07	NA	44,20	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	2,19 in means inter- val	192,7 is not equal	0,030 to 0
95%			0,09	1,73

N-A (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	45,62	NA	48,26	3,40
9,5	50,21	2,17	51,12	2,11
10,0	48,56	3,53	50,57	3,47
10,5	46,28	NA	51,06	2,31
11,0	51,69	0,52	51,25	2,11
11,5	50,88	2,55	53,14	3,24
12,0	53,25	2,20	53,04	2,63
12,5	51,80	2,65	54,47	3,78
13,0	53,07	1,99	54,84	2,89
13,5	53,93	2,72	54,66	2,87
14,0	53,04	4,08	55,81	3,07
14,5	54,44	2,31	55,41	4,11
15,0	55,12	4,88	55,98	2,77
15,5	53,14	1,10	56,35	2,97
16,0	54,10	4,67	53,18	3,02
16,5	56,14	3,12	54,60	3,19
17,0	51,42	NA	55,81	2,73
17,5	53,32	NA	56,75	2,38
18,0	56,55	NA	54,27	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-3,00 in means inter- val	183,6 is not equal	0,003 to 0
95%			-2,23	-0,46

Sp-A (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	6,39	NA	4,65	1,54
9,5	5,59	0,49	5,81	1,37
10,0	5,73	0,59	5,78	1,60
10,5	5,46	NA	5,29	0,96
11,0	6,36	1,25	5,47	1,15
11,5	5,73	1,27	5,96	1,53
12,0	6,15	0,53	6,08	0,94
12,5	4,98	0,57	6,41	1,44
13,0	6,05	1,52	6,92	1,66
13,5	6,45	0,74	6,41	1,37
14,0	7,28	0,31	7,27	1,92
14,5	6,50	1,10	6,55	1,97
15,0	6,43	1,47	7,23	1,51
15,5	6,98	1,00	7,10	1,70
16,0	7,04	0,98	6,84	1,29
16,5	6,98	1,48	6,83	0,97
17,0	6,76	NA	7,79	2,94
17,5	9,44	NA	6,20	0,72
18,0	8,60	NA	5,61	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-0,35 in means inter- val	240,2 is not equal	0,729 to 0
95%			-0,37	0,26

Sp-Pr (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	13,69	NA	10,64	1,83
9,5	12,85	2,76	13,39	1,61
10,0	13,20	1,56	13,98	2,82
10,5	14,99	NA	13,46	1,19
11,0	13,23	3,04	14,17	2,51
11,5	13,34	0,87	13,54	1,41
12,0	13,44	2,71	14,51	1,63
12,5	13,52	1,62	14,95	2,33
13,0	13,49	2,86	14,92	1,53
13,5	14,32	1,24	15,03	2,55
14,0	15,22	1,56	16,05	1,73
14,5	13,70	2,57	15,36	2,40
15,0	15,28	1,92	17,28	2,20
15,5	14,58	1,82	17,10	2,28
16,0	15,33	1,92	14,84	1,84
16,5	15,69	3,11	16,60	2,18
17,0	15,28	NA	17,62	2,74
17,5	14,54	NA	16,13	2,16
18,0	17,78	NA	13,85	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-3,08 in means inter- val	211,2 is not equal	0,002 to 0
95%			-1,37	-0,30

Pm-N (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	59,68	NA	62,72	2,59
9,5	62,48	1,76	64,78	1,94
10,0	63,41	1,96	63,49	1,72
10,5	60,97	NA	65,76	2,27
11,0	65,56	0,70	66,94	1,92
11,5	65,95	2,16	66,89	2,69
12,0	67,62	2,41	67,92	2,89
12,5	68,81	0,37	68,21	3,55
13,0	67,49	3,11	68,64	3,15
13,5	68,88	2,19	69,25	2,89
14,0	68,98	2,53	70,27	2,73
14,5	68,74	2,43	70,31	4,36
15,0	70,54	3,51	70,65	2,97
15,5	69,77	2,47	72,31	3,23
16,0	70,01	3,37	66,47	3,64
16,5	72,11	3,83	70,57	3,81
17,0	71,73	NA	69,98	3,90
17,5	69,76	NA	72,98	3,99
18,0	74,31	NA	66,41	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-0,15 in means inter- val	197,6 is not equal to 0	0,885
95%			-1,00	0,86

SLOT/Pm N (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	41,72	NA	35,99	1,70
9,5	36,63	1,53	37,28	2,30
10,0	36,80	3,00	37,06	2,66
10,5	41,57	NA	38,46	3,48
11,0	38,22	1,21	37,31	1,63
11,5	38,64	3,13	38,79	3,31
12,0	39,88	1,81	38,91	2,64
12,5	40,29	2,89	39,71	3,21
13,0	40,79	1,10	38,99	2,21
13,5	40,05	1,97	40,31	2,01
14,0	41,63	2,59	39,19	2,80
14,5	40,94	2,48	41,88	2,84
15,0	39,76	2,13	39,94	2,01
15,5	42,45	3,96	43,88	3,27
16,0	41,96	1,78	40,47	2,44
16,5	43,21	3,38	40,59	2,99
17,0	45,79	NA	40,80	1,79
17,5	40,01	NA	41,19	3,92
18,0	42,92	NA	42,26	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	2,43 in means inter- val	185,3 is not equal to 0	0,016
95%			0,17	1,65

ALot/Pm N (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	33,39	NA	34,24	2,20
9,5	35,19	0,56	34,69	2,15
10,0	34,39	2,19	34,74	1,88
10,5	34,00	NA	35,30	1,80
11,0	34,62	1,82	35,50	1,37
11,5	35,76	1,31	36,03	2,13
12,0	35,65	1,81	35,97	1,96
12,5	33,83	1,70	37,35	2,67
13,0	37,32	1,50	36,71	1,99
13,5	36,76	2,76	36,57	2,11
14,0	36,96	0,49	37,07	2,76
14,5	36,06	1,99	37,50	2,49
15,0	37,66	2,06	37,25	2,09
15,5	35,95	0,94	35,65	2,98
16,0	37,55	2,93	35,99	2,56
16,5	38,77	1,12	36,76	1,74
17,0	36,49	NA	36,18	1,07
17,5	35,93	NA	39,57	2,29
18,0	37,77	NA	35,09	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-0,44 in means inter- val	176,7 is not equal to 0	0,662
95%			-0,70	0,44

ALot/Pm Pr (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	9,63	NA	6,29	1,86
9,5	7,98	2,26	7,95	1,30
10,0	8,72	1,49	8,35	1,95
10,5	11,39	NA	8,56	NA
11,0	8,18	1,99	9,50	1,92
11,5	8,69	1,20	8,01	1,15
12,0	8,38	2,21	9,04	1,22
12,5	9,38	1,33	8,81	1,34
13,0	8,54	2,23	8,71	NA
13,5	9,07	1,40	9,31	1,80
14,0	9,11	1,77	9,69	1,05
14,5	8,42	1,93	9,46	1,31
15,0	10,06	1,03	10,69	1,51
15,5	8,87	1,34	10,81	1,11
16,0	9,82	1,19	8,79	1,72
16,5	9,58	2,99	10,36	1,79
17,0	10,01	NA	10,88	1,59
17,5	7,33	NA	10,83	1,38
18,0	10,74	NA	8,73	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-0,98 in means inter- val	184,4 is not equal to 0	0,327
95%			-0,63	0,21

PrLotPm Sp (mm)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	12,49	NA	10,36	1,85
9,5	12,55	2,93	13,07	1,55
10,0	12,56	1,44	13,69	2,74
10,5	14,20	NA	13,13	1,19
11,0	12,25	3,02	13,75	2,56
11,5	13,05	0,75	13,19	1,42
12,0	12,85	2,62	14,22	1,51
12,5	13,07	1,81	14,65	2,40
13,0	12,95	2,78	14,48	1,42
13,5	10,51	9,65	14,71	2,38
14,0	14,79	1,73	15,47	1,48
14,5	13,26	2,60	14,96	2,36
15,0	14,83	1,91	16,72	2,10
15,5	13,90	2,32	16,40	1,87
16,0	14,78	1,96	14,48	1,85
16,5	15,26	2,73	16,28	2,22
17,0	14,75	NA	16,84	2,64
17,5	13,31	NA	15,67	2,06
18,0	16,80	NA	13,61	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con-fidence	-3,09 in means inter-val	130,4 is not equal	0,002 to 0
	95%		-2,05	0,45

PmSN (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	66,51	NA	71,08	4,37
9,5	71,41	3,65	73,09	2,28
10,0	70,68	2,47	71,84	2,59
10,5	67,47	NA	72,56	5,31
11,0	74,11	1,99	75,66	4,00
11,5	72,62	2,31	72,97	4,04
12,0	73,29	2,63	74,37	4,12
12,5	73,56	3,39	72,87	4,30
13,0	72,34	2,82	75,36	3,61
13,5	73,90	1,24	73,11	3,33
14,0	71,58	3,64	76,46	3,55
14,5	73,35	2,78	72,88	3,40
15,0	75,07	3,78	75,56	2,68
15,5	72,30	3,18	72,46	3,26
16,0	73,03	2,56	71,06	3,80
16,5	72,20	2,64	74,76	4,15
17,0	69,95	NA	73,97	4,35
17,5	75,84	NA	74,71	2,96
18,0	74,61	NA	68,70	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con-fidence	-1,78 in means inter-val	251,1 is not equal	0,077 to 0
	95%		-1,47	0,08

PrPmA (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	12,65	NA	8,08	2,35
9,5	10,46	3,26	10,45	2,25
10,0	11,16	2,05	10,97	2,50
10,5	14,64	NA	10,85	1,44
11,0	10,78	2,95	11,78	2,23
11,5	10,74	1,54	10,14	1,50
12,0	10,72	3,14	11,29	1,52
12,5	11,45	2,45	10,83	1,81
13,0	10,57	2,61	10,90	1,09
13,5	11,18	2,26	11,61	2,50
14,0	10,82	1,71	11,97	1,47
14,5	10,66	2,90	11,45	1,66
15,0	12,00	1,29	13,15	2,15
15,5	10,82	1,69	13,73	1,96
16,0	11,63	1,61	11,23	2,20
16,5	10,97	3,12	12,57	2,03
17,0	11,38	NA	13,83	1,81
17,5	8,96	NA	12,22	1,47
18,0	12,50	NA	11,69	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con-fidence	-1,71 in means inter-val	174,0 is not equal	0,089 to 0
	95%		-1,02	0,07

APmS (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	120,13	NA	124,57	5,05
9,5	125,90	4,05	123,14	5,73
10,0	124,46	5,31	124,97	4,58
10,5	119,65	NA	122,18	3,00
11,0	120,69	3,39	118,75	3,08
11,5	121,33	4,24	123,30	4,56
12,0	121,51	3,09	120,74	3,91
12,5	118,42	4,76	123,68	4,79
13,0	121,22	2,08	121,00	4,54
13,5	120,64	4,30	122,53	4,50
14,0	121,41	2,50	119,72	4,29
14,5	121,04	3,70	121,42	4,33
15,0	120,48	4,04	120,40	4,14
15,5	119,20	2,69	120,61	3,37
16,0	119,41	3,42	124,17	4,56
16,5	121,60	2,96	119,25	3,98
17,0	116,34	NA	121,85	4,48
17,5	116,80	NA	120,55	5,37
18,0	118,21	NA	127,50	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample altererna. hypothe.:	t-Test true differen. con-fidence	-3,27 in mean. inter-val	204,5 is not equal	0,001 to 0
	95%		-2,79	-0,69

NAPm (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	83,53	NA	84,75	2,93
9,5	82,58	0,52	85,37	3,87
10,0	85,08	3,56	84,09	2,91
10,5	83,73	NA	85,42	2,25
11,0	86,09	3,08	86,33	1,82
11,5	85,00	3,63	84,87	3,55
12,0	86,05	2,53	85,96	3,20
12,5	89,37	2,97	84,02	3,35
13,0	83,76	2,43	85,08	3,16
13,5	85,78	4,35	85,95	3,52
14,0	85,26	1,76	85,94	4,23
14,5	86,25	3,33	85,51	3,50
15,0	85,52	2,76	85,95	3,90
15,5	87,76	3,19	89,34	4,55
16,0	85,46	3,54	84,58	2,86
16,5	85,26	3,82	86,98	2,54
17,0	88,78	NA	86,69	3,02
17,5	87,83	NA	85,03	5,28
18,0	88,55	NA	85,19	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	0,98 in means inter- val	186,0 is not equal to 0	0,33
95%			-0,41	1,23

APrPm (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	72,39	NA	68,06	9,10
9,5	66,42	8,95	69,08	4,98
10,0	68,49	7,86	66,79	4,99
10,5	71,60	NA	67,84	7,07
11,0	70,52	6,74	66,78	6,72
11,5	62,67	5,58	67,51	6,73
12,0	67,00	5,59	64,02	4,98
12,5	72,61	9,31	65,12	7,07
13,0	68,31	9,82	63,40	4,41
13,5	64,23	5,74	63,63	4,88
14,0	61,49	4,09	62,64	5,84
14,5	62,02	5,18	63,05	7,65
15,0	64,81	6,34	64,23	6,49
15,5	62,42	9,37	66,47	5,84
16,0	64,38	2,07	61,04	4,27
16,5	59,98	9,06	63,47	4,85
17,0	62,77	NA	63,56	9,65
17,5	60,56	NA	66,76	5,64
18,0	66,28	NA	65,39	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	0,12 in means inter- val	155,6 is not equal to 0	0,901
95%			-1,65	1,87

PmAPr (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	15,77	NA	12,66	1,68
9,5	15,40	3,47	16,44	2,69
10,0	15,35	2,26	17,05	3,22
10,5	17,44	NA	15,77	1,69
11,0	15,54	4,20	16,12	2,81
11,5	15,07	0,96	15,90	2,02
12,0	15,66	4,02	16,65	1,93
12,5	15,80	2,22	16,94	2,91
13,0	14,77	3,07	16,96	1,78
13,5	15,95	1,97	17,14	3,20
14,0	16,36	1,10	17,77	2,15
14,5	15,72	3,74	16,82	2,54
15,0	16,49	1,95	19,17	2,77
15,5	15,66	2,14	19,65	3,62
16,0	16,37	2,43	17,19	2,55
16,5	16,33	2,88	18,37	2,48
17,0	15,68	NA	19,74	2,65
17,5	15,25	NA	16,65	2,09
18,0	18,40	NA	17,13	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-4,51 in means inter- val	196,5 is not equal to 0	1,114
95%			-2,03	-0,79

SpPrPm (°)	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	98,40	NA	86,23	9,86
9,5	86,91	8,70	86,00	2,73
10,0	90,65	8,26	83,01	6,03
10,5	91,24	NA	84,14	8,72
11,0	95,05	9,41	86,03	8,48
11,5	85,21	5,62	85,56	7,58
12,0	90,72	8,24	83,16	4,91
12,5	87,12	9,44	83,22	7,92
13,0	90,67	7,79	85,24	5,91
13,5	87,71	5,60	83,08	5,11
14,0	86,41	6,28	84,76	7,81
14,5	88,19	8,35	83,30	8,35
15,0	86,30	6,62	83,54	6,50
15,5	88,88	9,90	85,40	4,18
16,0	88,75	5,42	83,78	7,75
16,5	82,93	7,47	82,69	4,85
17,0	86,99	NA	84,83	9,28
17,5	98,46	NA	85,58	6,99
18,0	90,75	NA	83,64	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	4,28 in means inter- val	162,9 is not equal to 0	3,198
95%			2,08	5,67

PmSpPr (°) I.	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
9,0	65,84	NA	81,11	9,77
9,5	77,69	5,51	77,54	1,74
10,0	73,98	8,47	79,93	5,95
10,5	71,32	NA	80,08	8,39
11,0	69,39	8,57	77,83	7,70
11,5	79,71	6,43	78,53	7,00
12,0	73,61	6,30	80,17	5,31
12,5	77,06	8,69	79,84	6,16
13,0	74,55	6,51	77,78	6,31
13,5	76,33	5,30	79,76	5,25
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-2,93	174,4	0,004
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-4,13	-0,81

PmSpPr (°) II.	zerHG	23HG	98	FRS
	VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
13,5	76,33	5,30	79,76	5,25
14,0	77,22	6,11	77,45	8,39
14,5	76,09	6,45	79,87	8,28
15,0	77,20	6,22	77,28	7,09
15,5	75,45	9,94	74,94	5,73
16,0	74,86	4,28	79,02	7,07
16,5	80,72	9,02	78,92	3,31
17,0	77,33	NA	75,42	9,67
17,5	66,29	NA	77,75	6,72
18,0	70,85	NA	79,23	NA
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-2,93	174,4	0,004
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-4,13	-0,81

11.5. Entwicklungsuntersuchung mit vertikal-zervikalen Headgear – Tabellen

SNA (°)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	81,51	3,97	80,73	4,13
9,0	83,56	NA	79,59	2,95
9,5	79,72	NA	78,39	2,54
10,0	82,39	3,28	79,09	2,53
10,5	79,42	NA	79,84	2,71
11,0	82,27	1,86	79,25	1,85
11,5	83,16	3,27	78,85	3,11
12,0	84,89	NA	78,93	3,49
12,5	83,36	3,31	79,43	3,37
13,0	NA	NA	78,55	3,26
13,5	83,57	0,65	78,41	2,74
14,0	81,75	3,61	77,87	3,37
14,5	NA	NA	80,18	2,25
15,0	82,02	NA	78,08	2,53
15,5	80,95	4,18	77,59	2,97
16,0	81,87	NA	80,18	2,66
16,5	75,69	NA	79,00	2,70
17,0	81,14	NA	77,49	4,54
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	6,18	70,1	3,803
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	1,95	3,80

NL-NSL (°)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,5	9,49	1,25	10,82	3,69
9,0	5,72	NA	11,07	3,86
9,5	7,80	NA	10,24	3,97
10,0	8,58	1,84	10,73	2,87
10,5	8,96	NA	9,81	3,13
11,0	9,40	3,22	10,06	2,12
11,5	7,03	3,73	10,51	3,09
12,0	10,68	NA	9,75	2,78
12,5	5,64	1,96	10,45	3,45
13,0	NA	NA	10,29	3,60
13,5	9,59	4,60	10,10	2,57
14,0	7,64	5,89	10,38	4,22
14,5	NA	NA	8,94	2,65
15,0	8,15	NA	9,94	3,07
15,5	7,03	1,78	7,13	4,75
16,0	7,82	NA	9,27	4,24
16,5	8,91	NA	8,20	2,21
17,0	8,46	NA	9,91	2,81
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-3,82	72,69	0,001
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-2,91	-0,92

Pm-Spa (NL mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	49,46	NA	45,94	2,64
8,5	49,03	2,67	46,33	2,72
9,0	48,61	NA	47,43	2,68
9,5	49,37	NA	47,46	2,28
10,0	51,46	3,27	47,05	1,73
10,5	47,90	NA	48,89	2,82
11,0	52,38	3,42	50,43	1,53
11,5	50,94	4,70	49,11	3,18
12,0	49,60	NA	50,23	3,19
12,5	51,44	3,99	50,74	3,02
13,0	NA	NA	50,81	2,95
13,5	56,52	4,90	50,65	2,64
14,0	51,35	5,07	52,06	3,09
14,5	NA	NA	52,24	3,00
15,0	46,84	NA	52,19	2,25
15,5	52,93	4,24	51,05	4,24
16,0	47,11	NA	49,83	3,93
16,5	48,40	NA	52,16	2,11
17,0	53,98	NA	51,32	2,72
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	1,15 in means inter- val	61,6 is not equal to 0	0,255
	95%		-0,53	1,95

Pm-A (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	44,98	NA	42,02	2,13
8,5	45,20	2,76	43,41	2,63
9,0	45,12	NA	44,76	1,76
9,5	43,79	NA	44,21	2,47
10,0	46,37	1,87	43,96	1,77
10,5	43,25	NA	45,69	2,73
11,0	46,87	2,66	46,49	1,19
11,5	46,70	3,27	45,67	2,63
12,0	45,21	NA	46,29	2,96
12,5	46,00	3,01	47,14	3,27
13,0	NA	NA	46,22	2,80
13,5	50,35	3,90	46,55	2,69
14,0	45,60	2,63	46,92	3,10
14,5	NA	NA	47,83	2,73
15,0	43,07	NA	47,26	2,67
15,5	48,21	2,94	45,96	4,64
16,0	43,63	NA	45,24	3,24
16,5	43,78	NA	47,65	2,33
17,0	47,92	NA	45,50	1,89
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-0,19 in means inter- val	68,1 is not equal to 0	0,846
	95%		-1,04	0,85

Pm-Pr (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	47,19	NA	44,03	2,21
8,5	47,70	0,35	45,43	3,57
9,0	47,04	NA	47,12	2,54
9,5	48,73	NA	46,48	2,30
10,0	48,68	2,57	46,71	2,52
10,5	46,76	NA	48,41	2,21
11,0	49,76	3,33	49,48	1,73
11,5	50,01	3,46	48,31	2,62
12,0	46,92	NA	49,79	2,74
12,5	49,29	2,43	50,45	2,60
13,0	NA	NA	49,80	2,98
13,5	54,00	5,23	50,18	2,43
14,0	49,95	3,80	50,94	3,08
14,5	NA	NA	51,78	3,01
15,0	49,79	NA	51,22	3,47
15,5	50,57	3,60	49,37	4,30
16,0	49,29	NA	49,24	3,39
16,5	47,11	NA	51,70	2,15
17,0	51,06	NA	49,80	2,96
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	-0,49 in means inter- val	69,2 is not equal to 0	0,625
	95%		-1,31	0,79

A-Pr (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	9,37	NA	8,84	2,60
8,5	9,11	3,13	8,63	1,87
9,0	8,92	NA	7,02	2,45
9,5	11,96	NA	8,53	1,31
10,0	8,34	1,83	9,12	2,12
10,5	10,66	NA	9,33	1,11
11,0	11,20	2,85	10,37	1,87
11,5	10,97	2,50	8,75	1,32
12,0	8,91	NA	10,10	1,25
12,5	10,87	1,63	9,82	1,59
13,0	NA	NA	9,79	1,03
13,5	12,69	3,69	10,43	1,95
14,0	12,58	3,80	10,98	1,19
14,5	NA	NA	10,75	1,61
15,0	14,43	NA	11,97	1,77
15,5	12,22	1,32	11,85	1,21
16,0	13,79	NA	10,09	1,96
16,5	12,31	NA	11,64	2,06
17,0	12,36	NA	12,57	2,07
Welch	Two	t	df	p
Sample alterernat. hypothesis:	t-Test true differen. con- fidence	1,86 in means inter- val	60,6 is not equal to 0	0,067
	95%		-0,05	1,52

S-Pm (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	39,45	NA	37,99	3,19
8,5	39,41	5,20	38,21	3,19
9,0	42,24	NA	37,41	1,52
9,5	40,02	NA	39,44	2,61
10,0	42,50	2,40	38,90	2,88
10,5	40,88	NA	40,68	3,07
11,0	41,08	3,53	40,09	1,41
11,5	44,01	2,92	41,19	3,67
12,0	37,49	NA	41,62	2,51
12,5	45,26	3,27	42,07	3,43
13,0	NA	NA	42,12	2,79
13,5	42,61	3,99	42,85	2,37
14,0	46,33	2,28	42,61	3,46
14,5	NA	NA	44,83	3,49
15,0	46,00	NA	43,12	2,35
15,5	44,67	2,00	46,91	3,23
16,0	45,62	NA	42,81	2,85
16,5	42,80	NA	43,68	3,16
17,0	45,08	NA	43,77	2,05
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	0,97	67,0	0,337
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-0,61	1,74

N-A (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	48,36	NA	49,37	2,27
8,5	48,51	5,15	48,22	2,37
9,0	47,71	NA	48,27	3,41
9,5	48,45	NA	51,12	2,12
10,0	51,61	2,95	50,57	3,47
10,5	51,52	NA	51,06	2,32
11,0	50,72	2,80	51,25	2,11
11,5	51,51	2,32	53,14	3,25
12,0	45,23	NA	53,05	2,63
12,5	52,05	1,05	54,48	3,79
13,0	NA	NA	54,84	2,89
13,5	52,26	3,68	54,66	2,87
14,0	55,37	3,55	55,82	3,08
14,5	NA	NA	55,41	4,11
15,0	55,67	NA	55,98	2,77
15,5	53,63	0,53	56,35	2,97
16,0	55,61	NA	53,19	3,02
16,5	53,87	NA	54,60	3,20
17,0	56,54	NA	55,82	2,73
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-3,87	70,0	0,001
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-3,41	1,09

Sp-A (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	5,57	NA	5,62	0,68
8,5	5,21	1,03	5,08	0,88
9,0	4,76	NA	4,65	1,54
9,5	6,87	NA	5,81	1,37
10,0	6,88	2,24	5,78	1,60
10,5	6,54	NA	5,29	0,96
11,0	6,96	1,58	5,47	1,15
11,5	5,87	1,45	5,96	1,53
12,0	5,31	NA	6,08	0,94
12,5	7,32	1,75	6,41	1,44
13,0	NA	NA	6,92	1,66
13,5	7,26	1,97	6,41	1,37
14,0	7,63	2,50	7,27	1,92
14,5	NA	NA	6,55	1,97
15,0	5,66	NA	7,23	1,51
15,5	6,35	1,76	7,10	1,70
16,0	5,76	NA	6,84	1,29
16,5	6,06	NA	6,83	0,97
17,0	8,04	NA	7,79	2,94
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	0,49	65,6	0,628
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-0,40	0,66

Sp-Pr (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	13,13	NA	13,12	2,54
8,5	12,82	1,59	12,85	2,41
9,0	12,56	NA	10,65	1,83
9,5	15,88	NA	13,40	1,61
10,0	13,43	2,96	13,99	2,83
10,5	15,41	NA	13,46	1,20
11,0	15,97	2,22	14,17	2,52
11,5	15,11	2,76	13,55	1,42
12,0	12,46	NA	14,51	1,63
12,5	15,86	2,71	14,95	2,33
13,0	NA	NA	14,93	1,54
13,5	16,96	4,32	15,03	2,55
14,0	17,77	4,43	16,05	1,73
14,5	NA	NA	15,37	2,41
15,0	18,05	NA	17,29	2,20
15,5	17,04	0,96	17,10	2,28
16,0	18,02	NA	14,85	1,84
16,5	16,54	NA	16,61	2,19
17,0	18,35	NA	17,63	2,75
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	1,08	63,3	0,285
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
	fidence	val	-0,41	1,37

Pm-N (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	64,43	NA	62,06	3,05
8,5	63,08	3,38	60,97	3,18
9,0	63,82	NA	62,72	2,59
9,5	63,97	NA	64,79	1,94
10,0	65,48	2,75	63,50	1,72
10,5	64,83	NA	65,76	2,27
11,0	65,05	4,31	66,95	1,92
11,5	66,42	1,13	66,90	2,69
12,0	58,63	NA	67,93	2,89
12,5	66,99	2,47	68,22	3,55
13,0	NA	NA	68,65	3,15
13,5	67,89	5,99	69,25	2,89
14,0	68,56	1,60	70,27	2,73
14,5	NA	NA	70,31	4,36
15,0	67,00	NA	70,66	2,97
15,5	70,36	0,71	72,31	3,23
16,0	67,31	NA	66,47	3,64
16,5	69,72	NA	70,58	3,81
17,0	70,58	NA	69,98	3,90
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-3,07	75,6	0,003
alterernat.	true	in	is not	to 0
hypothesis:	differen.	means	equal	
	con-	inter-		
	fidence	val	-3,01	-0,64

SLOT/Pm N (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	37,87	NA	35,98	2,47
8,5	37,66	5,00	36,85	2,74
9,0	39,85	NA	35,99	1,70
9,5	37,76	NA	37,29	2,31
10,0	40,51	2,04	37,07	2,66
10,5	37,47	NA	38,46	3,49
11,0	39,02	3,30	37,31	1,63
11,5	41,37	2,63	38,80	3,32
12,0	36,91	NA	38,92	2,65
12,5	41,74	2,81	39,71	3,21
13,0	NA	NA	39,00	2,21
13,5	40,51	2,71	40,31	2,02
14,0	42,42	2,63	39,19	2,80
14,5	NA	NA	41,89	2,85
15,0	39,62	NA	39,94	2,01
15,5	41,28	2,00	43,89	3,27
16,0	39,28	NA	40,48	2,45
16,5	39,07	NA	40,59	2,99
17,0	40,26	NA	40,80	1,80
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	0,67	69,5	0,507
alterernat.	true	in	is not	to 0
hypothesis:	differen.	means	equal	
	con-	inter-		
	fidence	val	-0,66	1,32

ALot/Pm N (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	33,70	NA	33,21	1,67
8,5	34,55	3,85	34,04	2,15
9,0	33,66	NA	34,25	2,21
9,5	33,14	NA	34,70	2,16
10,0	36,31	1,52	34,74	1,88
10,5	34,26	NA	35,31	1,80
11,0	36,29	1,84	35,50	1,37
11,5	36,02	3,00	36,03	2,14
12,0	34,43	NA	35,98	1,97
12,5	35,62	1,64	37,35	2,67
13,0	NA	NA	36,71	1,99
13,5	38,41	3,06	36,57	2,11
14,0	36,58	1,23	37,08	2,76
14,5	NA	NA	37,51	2,50
15,0	35,62	NA	37,26	2,10
15,5	36,67	1,88	35,66	2,99
16,0	35,88	NA	35,99	2,57
16,5	33,83	NA	36,77	1,75
17,0	38,15	NA	36,19	1,07
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-1,65	67,4	0,104
alterernat.	true	in	is not	to 0
hypothesis:	differen.	means	equal	
	con-	inter-		
	fidence	val	-1,39	0,13

ALot/Pm Pr (mm)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	8,83	NA	8,32	2,59
8,5	8,29	2,24	8,05	1,75
9,0	8,45	NA	6,30	1,86
9,5	10,16	NA	7,95	1,30
10,0	77,57	1,37	8,36	1,95
10,5	9,61	NA	8,56	0,94
11,0	10,38	2,60	9,50	1,92
11,5	10,02	2,12	8,02	1,15
12,0	8,54	NA	9,05	1,22
12,5	9,90	1,45	8,81	1,34
13,0	NA	NA	8,71	0,69
13,5	11,60	3,05	9,31	1,80
14,0	11,14	3,14	9,70	1,05
14,5	NA	NA	9,47	1,31
15,0	11,77	NA	10,69	1,51
15,5	11,60	1,07	10,81	1,11
16,0	11,72	NA	8,79	1,72
16,5	11,33	NA	10,37	1,79
17,0	11,47	NA	10,89	1,59
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	2,44	62,0	0,017
alterernat.	true	in	is not	to 0
hypothesis:	differen.	means	equal	
	con-	inter-		
	fidence	val	0,15	1,46

PrLotPm Sp (mm)	verzer HG-VG		10HG 40VG	45 228	FRS FRS
	HG	HG	VG	VG	
Alter	mean	sd	mean	sd	
8,0	12,48	NA	12,48	2,72	
8,5	12,30	2,18	12,42	2,51	
9,0	11,93	NA	10,37	1,86	
9,5	15,26	NA	13,08	1,55	
10,0	12,65	2,75	13,70	2,74	
10,5	14,91	NA	13,13	1,19	
11,0	15,10	2,33	13,75	2,57	
11,5	14,73	2,64	13,19	1,42	
12,0	11,74	NA	14,22	1,52	
12,5	15,04	2,20	14,65	2,41	
13,0	NA	NA	14,49	1,42	
13,5	16,14	4,12	14,72	2,39	
14,0	17,07	4,10	15,48	1,48	
14,5	NA	NA	14,97	2,36	
15,0	18,04	NA	16,73	2,10	
15,5	16,21	0,99	16,41	1,88	
16,0	17,98	NA	14,48	1,85	
16,5	16,15	NA	16,28	2,23	
17,0	17,33	NA	16,84	2,65	
Welch	Two	t	df	p	
Sample	t-Test	0,50	62,8	0,62	
alterernat.	true	in	is not		
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0	
	con-	inter-			
	fidence	val	-0,65	1,08	

PmSN (°)	verzer HG-VG		10HG 40VG	45 228	FRS FRS
	HG	HG	VG	VG	
Alter	mean	sd	mean	sd	
8,0	70,95	NA	72,38	3,21	
8,5	71,03	3,58	68,70	3,68	
9,0	70,80	NA	71,08	4,38	
9,5	72,77	NA	73,09	2,28	
10,0	69,88	2,36	71,85	2,60	
10,5	75,76	NA	72,56	5,32	
11,0	71,04	5,53	75,66	4,01	
11,5	70,89	3,54	72,97	4,04	
12,0	64,72	NA	74,37	4,13	
12,5	72,42	2,01	72,87	4,31	
13,0	NA	NA	75,36	3,62	
13,5	70,65	4,55	73,11	3,33	
14,0	73,17	3,42	76,46	3,55	
14,5	NA	NA	72,88	3,41	
15,0	78,30	NA	75,57	2,69	
15,5	74,73	1,98	72,46	3,27	
16,0	78,90	NA	71,07	3,81	
16,5	77,32	NA	74,76	4,15	
17,0	77,68	NA	73,97	4,36	
Welch	Two	t	df	p	
Sample	t-Test	-1,44	69,6	0,153	
alterernat.	true	in	is not		
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0	
	con-	inter-			
	fidence	val	-2,16	0,35	

PrPmA (°)	verzer HG-VG		10HG 40VG	45 228	FRS FRS
	HG	HG	VG	VG	
Alter	mean	sd	mean	sd	
8,0	11,29	NA	11,39	3,41	
8,5	10,72	3,45	10,68	2,22	
9,0	10,79	NA	8,08	2,35	
9,5	13,42	NA	10,45	2,26	
10,0	9,63	1,71	10,97	2,50	
10,5	12,90	NA	10,85	1,45	
11,0	12,79	3,05	11,78	2,23	
11,5	12,40	2,62	10,14	1,50	
12,0	10,89	NA	11,29	1,53	
12,5	12,44	1,67	10,83	1,82	
13,0	NA	NA	10,90	1,09	
13,5	13,24	2,96	11,61	2,51	
14,0	14,08	3,58	11,97	1,48	
14,5	NA	NA	11,45	1,66	
15,0	15,86	NA	13,15	2,15	
15,5	13,94	1,20	13,73	1,97	
16,0	15,58	NA	11,23	2,20	
16,5	15,00	NA	12,57	2,04	
17,0	14,02	NA	13,83	1,81	
Welch	Two	t	df	p	
Sample	t-Test	2,63	63,7	0,011	
alterernat.	true	in	is not		
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0	
	con-	inter-			
	fidence	val	0,25	1,81	

APmS (°)	verzer HG-VG		10HG 40VG	45 228	FRS FRS
	HG	HG	VG	VG	
Alter	mean	sd	mean	sd	
8,0	122,18	NA	124,24	6,52	
8,5	122,70	4,37	127,28	5,55	
9,0	118,89	NA	124,57	5,05	
9,5	119,88	NA	123,14	5,74	
10,0	124,08	1,59	124,97	4,59	
10,5	119,01	NA	122,18	3,00	
11,0	123,21	6,25	118,75	3,09	
11,5	120,84	4,04	123,30	4,57	
12,0	129,56	NA	120,74	3,92	
12,5	118,29	1,41	123,68	4,79	
13,0	NA	NA	121,00	4,54	
13,5	122,93	8,65	122,53	4,50	
14,0	120,25	3,86	119,72	4,29	
14,5	NA	NA	121,42	4,33	
15,0	115,24	NA	120,40	4,14	
15,5	117,07	0,75	120,61	3,37	
16,0	114,73	NA	124,17	4,56	
16,5	116,47	NA	119,25	3,99	
17,0	116,73	NA	121,85	4,48	
Welch	Two	t	df	p	
Sample	t-Test	-2,42	70,8	0,018	
altererna.	true	in	is not		
Hypothe.:	differen.	mean.	equal	to 0	
	con-	inter-			
	fidence	val	-3,26	-0,32	

NAPm (°)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	87,31	NA	85,16	4,78
8,5	84,77	4,29	83,28	4,01
9,0	86,76	NA	84,75	2,94
9,5	87,64	NA	85,38	3,87
10,0	83,66	0,80	84,10	2,91
10,5	85,82	NA	85,42	2,25
11,0	83,47	2,39	86,34	1,83
11,5	85,11	4,07	84,87	3,55
12,0	80,82	NA	85,97	3,20
12,5	85,93	1,89	84,02	3,35
13,0	NA	NA	85,09	3,16
13,5	82,85	4,55	85,95	3,52
14,0	84,83	2,30	85,95	4,23
14,5	NA	NA	85,51	3,51
15,0	84,44	NA	85,95	3,91
15,5	87,25	2,15	89,35	4,55
16,0	84,50	NA	84,59	2,86
16,5	90,51	NA	86,99	2,54
17,0	84,46	NA	86,70	3,02
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-0,37	77,4	0,71
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
95%	fidence	val	-1,17	0,80

APrPm (°)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	71,19	NA	70,05	4,84
8,5	71,35	1,42	71,29	9,98
9,0	72,55	NA	68,06	9,10
9,5	58,96	NA	69,08	4,98
10,0	69,91	6,22	66,80	5,00
10,5	64,62	NA	67,85	7,08
11,0	68,43	4,44	66,78	6,72
11,5	66,54	3,17	67,51	6,74
12,0	73,53	NA	64,03	4,99
12,5	66,20	5,29	65,13	7,08
13,0	NA	NA	63,40	4,41
13,5	67,29	4,57	63,63	4,89
14,0	63,30	4,00	62,65	5,84
14,5	NA	NA	63,05	7,65
15,0	54,64	NA	64,23	6,50
15,5	72,12	2,83	66,48	5,84
16,0	58,23	NA	61,04	4,27
16,5	66,96	NA	63,48	4,86
17,0	68,55	NA	63,56	9,66
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	2,15	69,7	0,035
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
95%	fidence	val	0,16	4,21

PmAPr (°)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	15,30	NA	16,42	3,33
8,5	14,95	2,74	15,85	2,82
9,0	14,77	NA	12,66	1,68
9,5	18,26	NA	16,45	2,70
10,0	15,01	2,64	17,06	3,23
10,5	18,70	NA	15,78	1,69
11,0	17,64	2,26	16,13	2,81
11,5	17,10	2,65	15,90	2,02
12,0	14,49	NA	16,65	1,93
12,5	17,76	2,29	16,94	2,92
13,0	NA	NA	16,97	1,79
13,5	17,23	3,19	17,14	3,20
14,0	19,87	3,92	17,77	2,16
14,5	NA	NA	16,83	2,54
15,0	21,25	NA	19,17	2,78
15,5	18,72	0,68	19,66	3,62
16,0	21,39	NA	17,19	2,56
16,5	19,89	NA	18,38	2,48
17,0	19,97	NA	19,75	2,66
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	0,63	68,2	0,53
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
95%	fidence	val	-0,60	1,16

SpPrPm (°)	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	92,64	NA	90,99	9,13
8,5	89,56	14,21	86,71	9,22
9,0	88,91	NA	86,23	9,87
9,5	82,42	NA	86,01	2,73
10,0	94,45	3,86	83,01	6,03
10,5	85,00	NA	84,14	8,72
11,0	90,92	6,96	86,04	8,48
11,5	85,01	6,08	85,56	7,58
12,0	95,08	NA	83,17	4,92
12,5	89,28	5,62	83,22	7,92
13,0	NA	NA	85,24	5,92
13,5	90,23	5,53	83,09	5,12
14,0	84,74	8,99	84,77	7,81
14,5	NA	NA	83,30	8,36
15,0	70,15	NA	83,54	6,50
15,5	88,50	6,68	85,40	4,19
16,0	72,49	NA	83,79	7,76
16,5	84,47	NA	82,70	4,86
17,0	89,31	NA	84,83	9,28
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	2,81	61,0	0,006
alterernat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
95%	fidence	val	1,06	6,29

PmSpPr (°) I.	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
8,0	72,07	NA	72,59	7,65
8,5	75,49	9,55	77,45	9,42
9,0	76,33	NA	81,11	9,77
9,5	79,33	NA	77,55	1,75
10,0	70,54	2,81	79,93	5,95
10,5	76,31	NA	80,08	8,39
11,0	71,44	5,51	77,83	7,71
11,5	77,90	4,71	78,54	7,00
12,0	70,43	NA	80,18	5,32
12,5	72,97	6,14	79,84	6,16
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-3,41	65,2	0,001
alternat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
95%	fidence	val	-6,26	-1,64

PmSpPr (°) II.	verzer	10HG	45	FRS
	HG-VG	40VG	228	FRS
	HG	HG	VG	VG
Alter	mean	sd	mean	sd
12,5	72,97	6,14	79,84	6,16
13,0	NA	NA	77,79	6,32
13,5	72,55	4,51	79,77	5,26
14,0	75,40	7,45	77,46	8,40
14,5	NA	NA	79,87	8,28
15,0	88,60	NA	77,28	7,10
15,5	72,79	6,10	74,94	5,74
16,0	86,12	NA	79,02	7,08
16,5	75,65	NA	78,93	3,32
17,0	70,72	NA	75,43	9,68
Welch	Two	t	df	p
Sample	t-Test	-3,41	65,2	0,001
alternat.	true	in	is not	
hypothesis:	differen.	means	equal	to 0
	con-	inter-		
95%	fidence	val	-6,26	-1,64

11.6. Longitudinale Entwicklungsuntersuchungen – Headgeargruppentabelle

Patienten	33 Headgear					66 FRS						
Alter (a)	SNA (°)	SNB (°)	ANB (°)	NL-NSL (°)	ML-NSL (°)	Pm-Spa (NL; mm)	N-A (mm)	Pm-N (mm)	Pm-A (mm)	S-Pm (mm)	SLot/Pm -N (mm)	
Pat1	11,3	80,2	75,9	4,3	12,2	36,6	51,4	54,1	65,2	46,0	39,9	37,5
zerHG	16,0	81,5	78,1	3,4	11,8	33,3	52,9	55,6	66,8	47,7	41,5	38,7
HG-Diff. Δ	4,7	1,3	2,2	-0,9	-0,4	-3,3	1,5	1,5	1,6	1,7	1,6	1,2
Pat2	14,4	79,5	76,3	3,3	9,5	37,8	50,6	51,4	66,6	45,6	41,0	38,2
zerHG	17,0	79,5	76,4	3,1	6,4	39,5	54,7	53,3	69,8	47,1	43,5	40,0
HG-Diff. Δ	2,6	0,0	0,1	-0,2	-3,1	1,7	4,1	1,9	3,2	1,5	2,4	1,8
Pat3	9,2	84,4	79,9	4,5	9,7	33,2	49,4	48,0	61,5	45,3	40,1	38,4
zerHG	13,5	83,0	80,4	2,6	9,3	31,5	52,9	53,3	66,6	46,7	44,4	41,9
HG-Diff. Δ	4,3	-1,3	0,5	-1,9	-0,4	-1,7	3,5	5,3	5,2	1,4	4,3	3,5
Pat4	10,7	77,8	74,9	2,8	5,8	33,4	45,0	51,4	66,0	41,3	42,8	38,6
zerHG	15,8	77,6	75,4	2,2	6,3	33,6	48,5	54,7	70,4	44,5	45,2	41,3
HG-Diff. Δ	5,1	-0,2	0,5	-0,7	0,5	0,2	3,5	3,3	4,4	3,2	2,4	2,7
Pat5	11,3	80,3	77,2	3,1	8,2	33,0	49,9	52,5	69,2	46,8	44,6	42,1
zerHG	16,1	78,4	75,9	2,5	10,6	35,4	52,2	60,7	75,8	49,6	48,6	45,6
HG-Diff. Δ	4,8	-1,9	-1,3	-0,7	2,4	2,3	2,3	8,2	6,6	2,7	3,9	3,5
Pat6	14,9	80,2	73,4	6,9	10,9	35,9	50,5	53,2	66,7	46,6	41,7	39,9
zerHG	15,2	80,3	73,4	6,9	10,8	35,7	50,4	53,2	66,7	46,6	42,0	40,1
HG-Diff. Δ	0,3	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
Pat7	10,6	81,8	77,5	4,2	12,2	30,2	50,1	51,5	64,7	45,8	41,2	38,9
zerHG	14,0	80,8	77,6	3,2	12,5	31,5	53,5	56,5	69,7	48,4	43,5	40,1
HG-Diff. Δ	3,4	-1,0	0,1	-1,0	0,3	1,3	3,4	5,0	5,0	2,6	2,3	1,2
Pat8	15,0	84,4	80,5	3,9	4,5	28,5	52,5	54,2	70,1	47,4	50,1	46,7
zerHG	16,6	84,0	79,9	4,1	4,3	27,0	56,1	55,3	72,8	50,0	50,4	47,1
HG-Diff. Δ	1,6	-0,4	-0,6	0,2	-0,2	-1,5	3,7	1,0	2,8	2,6	0,4	0,4
Pat9	9,6	84,8	79,1	5,7	4,2	31,7	51,5	42,6	62,4	46,3	39,9	38,2
zerHG	11,3	83,1	79,5	3,6	1,7	30,5	52,4	46,8	67,2	48,3	42,2	39,5
HG-Diff. Δ	1,7	-1,7	0,4	-2,1	-2,5	-1,3	0,9	4,3	4,8	2,0	2,4	1,3
Pat10	11,6	81,4	76,5	5,0	6,9	37,2	54,9	51,2	70,5	49,8	44,3	42,3
zerHG	16,3	83,9	78,5	5,4	6,2	34,4	59,2	54,6	72,5	52,2	48,0	46,0
HG-Diff. Δ	4,7	2,5	2,0	0,5	-0,7	-2,8	4,3	3,4	2,0	2,5	3,7	3,8
Pat11	20,0	84,2	76,8	7,5	8,7	26,1	52,3	50,8	64,7	46,9	43,1	41,2
zerHG	24,4	83,7	74,3	9,4	9,5	29,0	53,5	53,6	67,6	48,8	43,6	40,7
HG-Diff. Δ	4,4	-0,5	-2,5	1,9	0,8	2,9	1,2	2,9	3,0	2,0	0,5	-0,5
Pat12	11,6	78,3	75,2	3,1	10,5	44,8	45,9	51,1	63,9	42,7	40,2	38,3
zerHG	15,1	79,6	78,0	1,6	10,6	41,6	51,8	54,4	66,6	45,3	41,8	39,1
HG-Diff. Δ	3,5	1,2	2,7	-1,5	0,1	-3,2	5,9	3,3	2,7	2,6	1,6	0,8
Pat13	12,7	83,7	78,9	4,8	7,0	42,5	54,6	52,0	67,0	47,5	44,3	41,7
zerHG	15,7	82,9	77,0	5,9	6,6	44,0	54,7	53,3	68,6	47,9	44,9	41,6
HG-Diff. Δ	3,0	-0,8	-1,9	1,1	-0,4	1,4	0,1	1,3	1,7	0,4	0,6	-0,1
Pat14	10,6	79,1	73,9	5,2	12,0	36,4	52,7	51,4	65,3	45,8	38,7	36,4
zerHG	13,1	81,6	75,9	5,6	13,2	31,8	53,2	54,4	66,6	48,3	40,4	37,8
HG-Diff. Δ	2,5	2,4	2,1	0,4	1,2	-4,6	0,4	3,0	1,3	2,6	1,7	1,3
Pat15	13,5	87,3	83,6	3,7	1,3	25,0	55,4	48,2	67,1	51,5	43,7	42,0
zerHG	16,6	85,9	83,7	2,3	-0,4	20,9	56,8	47,6	70,6	52,1	46,8	44,5
HG-Diff. Δ	3,1	-1,4	0,1	-1,4	-1,6	-4,2	1,4	-0,6	3,5	0,6	3,0	2,6
Pat16	12,0	80,3	76,8	3,5	3,2	33,7	50,2	47,7	68,6	46,7	43,4	40,4
zerHG	16,4	80,0	76,6	3,4	5,2	28,4	55,3	53,7	73,4	50,8	45,2	42,6
HG-Diff. Δ	4,4	-0,4	-0,2	-0,2	2,0	-5,3	5,1	5,9	4,9	4,0	1,8	2,2
Pat17	13,1	78,2	73,0	5,2	15,0	41,9	54,5	59,0	71,6	50,3	42,1	40,3
zerHG	15,9	78,0	73,6	4,4	14,9	42,7	58,7	62,5	76,1	52,4	45,1	42,5
HG-Diff. Δ	2,8	-0,2	0,7	-0,8	-0,2	0,8	4,2	3,5	4,4	2,1	3,0	2,2
Pat18	10,2	89,1	81,5	7,7	4,3	32,8	50,0	46,3	61,0	45,1	44,1	41,6
zerHG	15,5	86,2	79,7	6,5	9,2	32,7	53,5	54,3	66,2	48,1	45,5	42,3
HG-Diff. Δ	5,3	-2,9	-1,8	-1,2	4,9	-0,1	3,5	8,0	5,3	3,0	1,4	0,8

Patienten	33 Headgear					66 FRS						
Alter (a)	SNA (°)	SNB (°)	ANB (°)	NL-NSL (°)	ML-NSL (°)	Pm-Spa (NL; mm)	N-A (mm)	Pm-N (mm)	Pm-A (mm)	S-Pm (mm)	SLot/Pm-N (mm)	
Pat19	11,0	74,6	68,0	6,5	16,8	45,8	50,1	51,8	66,4	45,7	35,5	34,0
zerHG	14,5	72,7	70,1	2,6	16,8	43,6	52,6	61,4	75,0	47,2	42,2	38,3
HG-Diff. Δ	3,5	-1,8	2,1	-3,9	0,0	-2,3	2,5	9,6	8,6	1,4	6,7	4,3
Pat20	10,5	77,8	73,7	4,0	10,1	44,1	48,3	52,5	66,2	43,4	41,5	38,9
zerHG	14,2	79,0	76,6	2,4	5,4	41,8	47,4	54,3	68,5	42,7	46,5	42,7
HG-Diff. Δ	3,7	1,3	2,9	-1,6	-4,7	-2,3	-0,9	1,8	2,3	-0,7	5,0	3,8
Pat21	12,3	77,0	72,8	6,9	7,9	37,8	51,5	48,8	69,3	47,1	41,0	39,3
zerHG	15,3	79,6	74,6	5,0	6,4	35,7	56,3	52,1	72,4	50,6	43,3	40,7
HG-Diff. Δ	3,0	2,6	1,8	-1,9	-1,5	-2,1	4,9	3,3	3,1	3,5	2,3	1,4
Pat22	9,1	77,9	74,9	3,0	10,7	44,8	46,3	46,7	61,3	42,5	35,7	33,8
zerHG	10,5	79,8	72,8	7,0	11,3	47,9	50,9	48,8	64,1	46,5	36,1	33,4
HG-Diff. Δ	1,4	1,9	-2,1	4,0	0,6	3,1	4,6	2,1	2,8	4,1	0,4	-0,4
Pat23	11,4	80,6	73,7	6,9	10,5	30,6	51,5	49,3	65,0	47,2	38,5	36,9
zerHG	14,2	81,9	76,1	5,8	11,0	28,7	54,1	51,5	66,1	48,6	40,7	39,5
HG-Diff. Δ	5,3	1,3	2,4	-1,1	0,4	-1,9	2,6	2,2	1,2	1,4	2,2	2,5
zerHG-ΔØ	3,4	0,0	0,4	-0,6	0,1	-1,0	2,7	3,5	3,5	2,1	2,4	1,8
Pat24	10,0	79,8	73,8	6,1	9,2	39,3	50,5	51,3	65,6	45,3	40,3	37,5
ve/zHG	16,2	75,7	72,6	3,1	8,9	37,5	48,4	53,9	69,7	43,8	42,8	39,1
HG-Diff. Δ	6,2	-4,1	-1,2	-3,0	-0,3	-1,8	-2,1	2,6	4,1	-1,5	2,5	1,6
Pat25	10,6	84,3	77,4	6,9	3,7	40,5	51,9	50,2	66,2	46,2	45,5	42,9
ve/zHG	13,6	83,7	76,7	7,0	4,4	41,8	58,3	54,7	70,4	48,4	48,5	45,4
HG-Diff. Δ	3,0	-0,6	-0,7	0,1	0,8	1,3	6,4	4,5	4,2	2,2	3,0	2,5
Pat26	11,4	84,4	80,0	4,3	2,5	32,9	49,9	48,2	65,8	45,7	45,8	43,4
ve/zHG	15,0	84,7	79,3	5,4	5,4	32,6	53,8	53,1	70,1	49,9	46,6	43,1
HG-Diff. Δ	3,6	0,4	-0,7	1,1	2,9	-0,2	4,0	4,9	4,4	4,3	0,8	-0,3
Pat27	11,1	86,0	84,6	1,4	5,9	34,1	48,1	52,0	65,2	45,0	47,2	43,7
ve/zHG	12,1	87,7	85,1	2,6	4,3	33,4	50,1	53,1	66,6	45,9	49,7	45,3
HG-Diff. Δ	1,0	1,7	0,5	1,2	-1,6	-0,7	2,0	1,1	1,4	0,9	2,5	1,6
Pat28	12,2	83,8	78,0	5,9	5,8	46,1	47,0	51,4	63,2	41,9	44,5	40,0
ve/zHG	16,6	81,8	73,9	7,9	9,7	51,9	50,9	57,4	68,2	45,0	45,3	38,9
HG-Diff. Δ	4,4	-2,1	-4,0	2,0	3,9	5,8	3,9	6,0	5,0	3,1	0,8	-1,1
Pat29	8,8	87,6	81,6	6,0	3,7	25,3	48,5	46,2	63,1	46,3	44,5	42,3
ve/zHG	9,1	87,2	81,3	6,2	3,7	25,4	48,7	46,1	63,2	46,9	44,7	42,2
HG-Diff. Δ	0,3	-0,4	-0,3	0,2	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,1	0,6	0,2	-0,1
Pat30	10,8	81,2	75,3	5,9	8,4	33,2	56,8	53,0	68,1	49,3	41,0	38,9
ve/zHG	16,7	80,5	76,1	4,4	7,2	29,2	57,1	55,7	73,0	50,8	44,8	41,6
HG-Diff. Δ	5,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
Pat31	10,5	80,9	73,9	7,0	12,5	34,3	56,2	54,1	69,7	50,5	41,6	39,8
ve/zHG	13,4	84,1	74,9	9,2	12,0	33,6	60,2	56,6	71,1	54,8	42,8	41,1
HG-Diff. Δ	2,9	3,2	1,0	2,2	-0,5	-0,8	4,1	2,5	1,4	4,3	1,2	1,3
Pat32	8,2	86,0	78,1	7,9	9,8	30,7	49,2	51,8	63,5	46,1	44,6	42,5
ve/zHG	10,6	83,8	76,2	7,5	9,0	34,0	50,4	51,6	64,9	45,5	44,0	41,5
HG-Diff. Δ	2,4	-2,3	-1,9	-0,4	-0,8	3,3	1,3	-0,1	1,4	-0,6	-0,6	-1,1
Pat33	10,8	83,7	75,9	7,9	11,5	36,5	48,1	46,5	57,3	43,2	38,1	37,7
ve/zHG	13,3	83,3	76,3	7,0	14,7	39,4	50,1	47,6	58,9	45,4	36,9	36,5
HG-Diff. Δ	3,5	-0,4	0,4	-0,9	3,1	3,0	2,0	1,1	1,7	2,2	-1,2	-1,2
v/zHG-ΔØ	3,2	-0,5	-0,8	0,2	0,7	0,9	2,1	2,2	2,3	1,5	0,9	0,2
gesHG-ΔØ	3,3	-0,2	0,1	-0,3	0,1	-0,4	2,5	3,1	3,1	1,9	1,9	1,3

11.7. Longitudinale Entwicklungsuntersuchungen – Vergleichsgruppentabelle

Patienten	40 Vergleichsgruppe					80 FRS						
Alter (a)	SNA (°)	SNB (°)	ANB (°)	NL-NSL (°)	ML-NSL (°)	Pm-Spa (NL; mm)	N-A (mm)	Pm-N (mm)	Pm-A (mm)	S-Pm (mm)	SLot/Pm -N (mm)	
Pat1	11,4	79,1	74,3	4,8	8,4	33,8	50,6	50,6	64,8	44,8	38,2	34,4
w-VG	16,0	76,6	73,6	3,0	6,8	30,0	51,4	53,8	69,7	45,4	41,6	37,3
VG-Diff. Δ	4,6	-2,5	-0,6	-1,9	-1,6	-3,8	0,8	3,2	4,9	0,6	3,3	2,9
Pat2	10,0	77,1	68,7	8,4	11,2	39,7	48,6	49,5	65,0	43,3	38,8	36,2
w-VG	16,0	74,0	71,5	2,5	7,2	39,9	50,6	58,1	74,8	45,0	46,3	42,2
VG-Diff. Δ	6,0	-3,1	2,9	-5,9	-4,0	0,1	2,0	8,6	9,8	1,7	7,5	6,0
Pat3	10,6	82,5	75,2	7,3	7,5	42,0	50,3	52,1	67,6	47,5	42,8	38,9
w-VG	13,9	84,7	77,2	7,4	6,4	40,7	57,1	54,1	68,2	49,3	43,9	39,6
VG-Diff. Δ	3,3	2,2	2,1	0,1	-1,1	-1,3	6,8	2,0	0,5	1,8	1,1	0,7
Pat4	13,2	82,2	78,3	4,0	7,2	40,0	50,9	55,2	67,4	46,0	45,0	41,6
w-VG	16,7	84,3	80,2	4,1	5,4	38,4	51,5	53,2	66,9	46,2	46,0	42,4
VG-Diff. Δ	3,5	2,1	1,9	0,2	-1,9	-1,6	0,6	-2,1	-0,5	0,2	1,1	0,8
Pat5	10,6	80,2	76,2	4,0	9,1	33,3	47,6	47,3	63,3	44,6	38,8	37,3
w-VG	13,2	76,8	75,9	0,9	10,9	36,6	51,2	52,0	68,2	46,5	39,5	37,7
VG-Diff. Δ	2,6	-3,5	-0,4	-3,1	1,8	3,4	3,7	4,7	4,9	1,9	0,7	0,4
Pat6	11,3	78,9	74,2	4,7	9,9	41,2	47,4	53,2	66,4	43,8	41,9	38,4
w-VG	16,0	78,3	73,9	4,5	11,1	41,3	51,1	56,5	69,2	46,0	43,0	39,8
VG-Diff. Δ	4,7	-0,6	-0,4	-0,2	1,2	0,2	3,7	3,3	2,9	2,2	1,1	1,4
Pat7	10,0	79,2	71,2	8,0	11,6	47,2	47,2	52,2	63,7	43,4	38,4	33,8
w-VG	14,8	79,3	74,6	4,8	11,3	46,2	50,6	57,4	69,2	45,6	43,5	37,9
VG-Diff. Δ	4,8	0,1	3,4	-3,3	-0,3	-1,0	3,4	5,2	5,5	2,2	5,1	4,1
Pat8	11,9	79,4	74,3	5,1	9,6	32,5	49,2	50,1	64,8	44,8	39,6	37,3
w-VG	14,5	77,2	73,2	3,9	9,7	33,6	51,7	54,5	69,4	45,8	41,9	38,9
VG-Diff. Δ	2,6	-2,2	-1,1	-1,1	0,1	1,1	2,4	4,3	4,6	1,0	2,4	1,5
Pat9	14,1	84,1	78,9	5,2	8,0	32,5	48,7	50,9	63,7	44,9	43,8	41,8
w-VG	15,9	82,4	79,0	3,4	6,1	33,4	47,3	49,5	64,1	43,5	44,3	42,2
VG-Diff. Δ	1,8	-1,7	0,1	-1,8	-1,9	1,0	-1,3	-1,4	0,5	-1,4	0,5	0,4
Pat10	11,0	80,0	76,3	3,7	11,3	40,4	45,0	53,0	62,5	43,3	39,2	36,7
w-VG	15,7	79,6	77,9	1,7	11,2	37,8	46,7	54,3	64,1	43,6	40,7	38,1
VG-Diff. Δ	4,7	-0,4	1,6	-2,0	-0,2	-2,6	1,6	1,3	1,5	0,3	1,5	1,4
Pat11	11,6	78,9	74,7	4,2	10,2	31,5	48,2	56,5	68,8	45,5	44,0	41,0
w-VG	16,9	75,1	73,1	2,0	12,1	31,8	54,4	59,3	74,3	46,5	45,1	41,1
VG-Diff. Δ	5,3	-3,8	-1,6	-2,2	1,8	0,3	6,2	2,8	5,5	1,0	1,1	0,1
Pat12	10,0	82,6	77,3	5,3	6,8	29,7	48,3	48,2	63,0	46,0	39,6	38,2
w-VG	13,4	80,4	77,6	2,8	6,6	29,7	50,6	50,0	67,9	46,9	42,9	40,8
VG-Diff. Δ	3,4	-2,2	0,3	-2,5	-0,2	0,0	2,3	1,8	4,9	0,9	3,3	2,6
Pat13	11,5	81,7	77,1	4,6	9,8	36,0	50,5	53,7	68,5	48,4	44,0	42,1
w-VG	15,6	81,3	77,2	4,1	9,9	36,0	52,0	55,7	69,6	49,0	44,7	42,8
VG-Diff. Δ	4,1	-0,5	0,1	-0,5	0,1	-0,1	1,5	2,0	1,1	0,6	0,6	0,7
Pat14	10,2	79,0	71,9	7,2	8,6	40,1	49,5	49,4	67,5	47,3	41,5	40,6
w-VG	16,3	79,9	75,7	4,2	8,8	35,8	51,8	53,7	69,6	48,4	44,8	43,8
VG-Diff. Δ	6,1	0,8	3,8	-2,9	0,2	-4,2	2,4	4,3	2,1	1,1	3,2	3,1
Pat15	10,2	77,4	73,7	3,7	11,4	44,8	44,4	51,6	63,2	40,9	39,5	36,7
w-VG	14,9	79,3	75,6	3,7	7,7	42,1	52,1	56,2	68,3	45,5	43,0	38,9
VG-Diff. Δ	4,7	1,9	1,9	0,1	-3,7	-2,8	7,8	4,6	5,2	4,6	3,5	2,2
Pat16	9,8	80,5	74,2	6,3	12,7	37,6	46,8	48,1	61,3	43,8	37,6	36,3
w-VG	16,1	80,7	77,4	3,3	7,8	32,8	51,6	51,2	66,4	46,1	42,0	39,8
VG-Diff. Δ	6,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Pat17	11,3	75,2	70,4	4,8	14,1	47,3	48,9	51,2	66,6	45,1	37,8	36,6
w-VG	13,6	75,1	71,5	3,6	13,5	44,8	51,1	53,6	69,8	47,0	39,5	37,8
VG-Diff. Δ	2,8	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Pat18	11,0	81,2	72,6	8,6	18,2	41,0	53,9	50,5	63,3	50,4	33,2	32,4
w-VG	17,4	79,9	74,6	5,3	17,6	36,7	57,4	56,6	69,1	52,2	38,5	37,1
VG-Diff. Δ	6,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3

Patienten	40 Vergleichsgruppe					80 FRS						
Alter (a)	SNA (°)	SNB (°)	ANB (°)	NL-NSL (°)	ML-NSL (°)	Pm-Spa (NL; mm)	N-A (mm)	Pm-N (mm)	Pm-A (mm)	S-Pm (mm)	SLot/Pm-N (mm)	
Pat19	12,4	80,6	75,9	4,7	12,2	35,7	49,6	52,3	65,2	46,0	40,0	37,2
w-VG	17,1	80,6	75,2	5,3	13,3	37,8	53,3	54,5	68,4	49,2	40,1	36,8
VG-Diff. Δ	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pat20	11,6	77,7	74,6	3,2	14,7	43,5	45,6	52,0	64,4	45,2	36,8	34,8
w-VG	16,1	79,6	77,0	2,6	9,8	40,8	51,4	50,2	65,7	47,0	38,0	35,9
VG-Diff. Δ	4,5	1,8	2,4	-0,5	-4,9	-2,7	5,8	-1,9	1,3	1,8	1,2	1,1
w-VG-ΔØ	4,3	-0,6	0,8	-1,4	0,7	-0,7	2,5	2,1	2,7	1,0	1,8	1,5
Pat21	11,3	80,9	75,3	5,7	9,0	47,2	50,9	61,2	70,2	46,8	48,0	45,1
m-VG	14,0	82,0	77,2	4,8	8,0	42,5	57,4	64,7	76,3	52,3	50,5	46,5
VG-Diff. Δ	2,7	1,1	2,0	-0,9	-1,0	-4,7	6,5	3,5	6,1	5,5	2,5	1,4
Pat22	11,0	76,0	69,4	6,6	13,6	43,4	50,0	53,5	67,3	46,1	38,5	37,3
m-VG	14,8	75,2	70,1	5,1	10,5	42,9	54,3	63,1	76,4	48,1	46,5	42,8
VG-Diff. Δ	3,8	-0,8	0,7	-1,5	-3,1	-0,6	4,3	9,6	9,1	2,0	8,0	5,6
Pat23	11,0	73,4	69,3	4,1	10,6	44,5	47,1	57,6	71,9	43,6	43,1	39,1
m-VG	15,2	73,5	69,8	3,7	10,4	42,8	47,4	61,0	75,1	43,0	48,3	43,7
VG-Diff. Δ	4,2	0,2	0,6	-0,4	-0,2	-1,7	0,3	3,4	3,2	-0,6	5,2	4,6
Pat24	11,7	85,5	77,5	8,0	6,9	27,1	53,2	51,5	66,0	49,0	44,5	43,0
m-VG	16,0	84,0	78,6	5,4	5,2	27,9	55,2	54,9	72,6	51,4	48,2	45,1
VG-Diff. Δ	4,3	-1,5	1,1	-2,6	-1,7	0,8	2,0	3,3	6,6	2,5	3,7	2,1
Pat25	12,1	75,6	72,3	3,4	11,4	49,9	43,5	51,4	62,2	39,3	41,2	40,5
m-VG	15,2	76,2	71,8	4,5	3,7	48,3	47,1	55,4	70,0	41,0	48,8	46,2
VG-Diff. Δ	3,1	0,6	-0,5	1,1	-7,7	-1,6	3,6	4,0	7,8	1,7	7,6	5,7
Pat26	10,4	81,3	78,0	3,3	10,0	30,7	45,1	52,8	64,5	42,7	43,9	40,8
m-VG	14,4	82,4	78,5	3,9	8,4	31,9	48,6	59,5	72,1	46,8	50,1	44,7
VG-Diff. Δ	4,0	1,1	0,5	0,6	-1,6	1,2	3,4	6,8	7,6	4,1	6,3	3,9
Pat27	10,3	84,3	77,9	6,4	8,1	29,8	51,7	53,1	67,2	48,0	46,1	44,2
m-VG	11,2	85,1	78,1	6,9	9,4	30,2	54,7	53,6	67,3	50,0	44,9	43,5
VG-Diff. Δ	0,9	0,7	0,2	0,5	1,4	0,5	3,0	0,6	0,1	2,0	-1,1	-0,7
Pat28	10,7	77,2	74,7	2,5	8,8	31,0	52,3	50,5	67,6	45,9	40,0	38,2
m-VG	14,3	78,6	72,5	6,0	11,3	28,3	50,9	56,7	71,9	48,1	44,9	42,2
VG-Diff. Δ	3,6	1,4	-2,2	3,6	2,5	-2,7	-1,4	6,2	4,3	2,2	4,9	4,0
Pat29	11,6	76,3	72,9	3,4	7,4	43,1	49,3	51,2	67,3	44,2	40,6	38,6
m-VG	16,0	77,8	74,2	3,6	4,8	39,4	49,9	55,0	72,8	47,8	45,3	42,3
VG-Diff. Δ	4,4	1,5	1,2	0,3	-2,7	-3,7	0,5	3,8	5,6	3,6	4,7	3,7
Pat30	12,2	74,2	71,4	2,8	11,6	39,9	50,1	56,7	69,3	45,5	38,9	36,0
m-VG	16,8	71,2	73,7	-2,5	9,2	36,4	53,5	58,7	73,0	42,6	43,5	40,2
VG-Diff. Δ	4,6	-3,1	2,3	-5,3	-2,4	-3,5	3,4	2,0	3,7	-2,9	4,6	4,2
Pat31	15,6	78,6	75,2	3,4	8,6	32,4	45,4	51,5	62,5	40,8	42,1	40,8
m-VG	16,8	79,7	75,7	4,0	12,9	31,1	46,6	52,7	63,9	43,9	41,3	40,0
VG-Diff. Δ	1,2	1,1	0,5	0,6	4,3	-1,3	1,1	1,2	1,4	3,1	-0,8	-0,8
Pat32	11,1	79,6	76,4	3,2	8,7	37,0	47,9	51,1	64,7	43,8	41,6	39,8
m-VG	16,6	79,2	77,5	1,7	8,5	31,3	50,9	55,3	71,0	47,7	45,3	43,0
VG-Diff. Δ	5,5	-0,4	1,2	-1,6	-0,2	-5,7	3,0	4,2	6,4	3,9	3,7	3,2
Pat33	10,9	79,4	72,9	6,5	8,6	38,3	51,6	52,4	69,0	48,3	41,0	38,4
m-VG	14,9	77,0	74,8	2,2	6,5	36,0	54,2	57,4	76,7	51,1	45,0	40,9
VG-Diff. Δ	4,0	-2,4	1,9	-4,3	-2,1	-2,3	2,7	4,9	7,7	2,8	4,0	2,5
Pat34	10,2	75,0	70,2	4,8	15,9	44,2	54,3	55,6	70,1	49,1	36,4	33,6
w-VG	13,8	75,2	70,6	4,6	14,5	42,7	57,9	61,4	76,3	51,3	42,2	38,1
VG-Diff. Δ	3,6	0,2	0,4	-0,2	-1,5	-1,6	3,6	5,8	6,2	2,2	5,8	4,5
Pat35	11,3	76,0	69,3	6,7	12,4	33,9	51,1	56,3	71,4	47,5	41,2	38,2
m-VG	16,0	78,3	73,7	4,6	10,8	34,5	56,6	60,7	77,5	51,7	46,9	42,1
VG-Diff. Δ	4,7	2,3	4,5	-2,1	-1,6	0,7	5,5	4,3	6,1	4,2	5,7	3,9
Pat36	11,2	75,6	71,6	4,0	8,9	48,3	43,6	52,4	65,4	41,0	40,9	38,2
m-VG	16,6	75,5	70,7	4,9	11,4	48,9	51,1	55,8	70,7	46,1	41,4	38,1
VG-Diff. Δ	5,4	-0,1	-1,0	0,9	2,5	0,7	7,5	3,4	5,3	5,1	0,5	-0,1

Patienten	40 Vergleichsgruppe					80 FRS						
Alter (a)	SNA (°)	SNB (°)	ANB (°)	NL-NSL (°)	ML-NSL (°)	Pm-Spa (NL; mm)	N-A (mm)	Pm-N (mm)	Pm-A (mm)	S-Pm (mm)	SLot/Pm -N (mm)	
Pat37	10,2	81,0	73,7	7,3	10,2	37,3	50,8	51,5	67,0	48,7	40,2	38,7
m-VG	17,0	78,7	74,0	4,6	9,5	38,9	54,8	60,1	77,0	51,4	47,6	43,6
VG-Diff. Δ	6,8	-2,3	0,3	-2,6	-0,7	1,6	4,1	8,6	10,0	2,6	7,3	4,9
Pat38	10,4	81,9	76,3	5,6	3,6	31,4	48,5	49,7	67,6	46,9	44,9	43,2
m-VG	15,1	80,0	80,0	-0,1	0,7	25,0	56,6	52,5	75,5	50,3	49,4	46,6
VG-Diff. Δ	4,7	-1,9	3,7	-5,7	-3,0	-6,4	8,1	2,7	7,8	3,4	4,5	3,4
Pat39	10,4	79,5	75,1	4,4	10,6	37,0	49,4	48,1	64,5	46,4	38,2	37,1
m-VG	17,4	77,5	74,2	3,2	4,5	34,5	55,1	54,6	75,9	50,2	46,4	43,2
VG-Diff. Δ	7,0	-2,0	-0,8	-1,2	-6,1	-2,5	5,7	6,5	11,4	3,8	8,2	6,1
Pat40	11,8	80,7	75,2	5,5	10,5	38,9	50,5	53,2	67,4	47,4	42,7	41,1
m-VG	17,3	81,9	77,1	4,8	9,2	35,5	58,2	58,1	74,5	53,0	47,4	45,2
VG-Diff. Δ	3,5	1,2	1,9	-0,7	-1,2	-3,4	7,7	4,9	7,2	5,6	4,7	4,1
m-VG-ΔØ	4,1	-0,2	0,9	-1,1	-1,3	-1,8	3,7	4,5	6,2	2,8	4,5	3,3
gesVG-ΔØ	4,2	-0,4	0,9	-1,2	-1,0	-1,3	3,1	3,3	4,5	1,9	3,2	2,4
zHG-VG-ØΔ	-0,8	0,4	-0,5	0,6	1,1	0,3	-0,4	0,2	-1,0	0,2	-0,8	-0,6
vHG-VG-ØΔ	-1,0	-0,1	-1,7	1,4	1,7	2,2	-1,0	-1,1	-2,2	-0,4	-2,3	-2,2
gHG-VG-ØΔ	-0,9	0,2	-0,8	0,9	1,1	0,9	-0,6	-0,2	-1,4	0,0	-1,3	-1,1

12. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich Frau Prof. Dr. Ingrid Rudzki recht herzlich danken für die Überlassung des Dissertationsthemas, ihrer freundlichen und hilfreichen Beratung und Unterstützung, sowie die uneingeschränkte Benutzung des Patientenarchivs der Poliklinik für Kieferorthopädie.

Mein weiterer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. Florian Gebhart für seine ständige und gute Unterstützung, sowie Herrn Dr. Thomas Müller für seine statistische Beratung und gemeinsame Auswertung.

Für die gute Zusammenarbeit möchte ich mich bei meinen Kollegen Frau Katharina Hooffacker, Herrn Christian Gransee und Herrn Stefan Rupperti herzlich bedanken.

Abschließend gilt mein besonderer Dank noch meinen lieben Eltern und Geschwistern, meiner Freundin und meinen Freunden, die mich über die gesamte Zeit moralisch unterstützt haben.

13. Veröffentlichung

Posterpräsentation:

Kephalometrische Wachstumsveränderungen des Oberkiefers bei behandelten jugendlichen KFO-Patienten. Premm D, Gebhart F, Rudzki I, Wichelhaus A. Deutscher Zahnärztetag, Frankfurt am Main, 2010. # 938.