

Aus der Klinik für Kieferorthopädie  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Jörg Lisson

---

**Auswirkung**  
**feststehender Gaumennahterweiterungsapparaturen**  
**auf den extrathorakalen Luftraum, Epiglottis und Hyoid**  
**- eine retrospektive kephalometrische Studie -**

---

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde**  
**der Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes**  
**2012**

vorgelegt von: Julia Spindler  
geboren am: 28. August 1983 in Aachen



**Meinen Eltern  
in Liebe und Dankbarkeit  
gewidmet**



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2. EINLEITUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1. Der Gaumen</b> .....	<b>5</b>
2.1.1. Anatomie und Morphologie harter Gaumen .....	5
2.1.2. Anatomie und Morphologie weicher Gaumen .....	6
2.1.3. Entwicklung und Wachstum .....	7
<b>2.2. Der Pharynx</b> .....	<b>9</b>
2.2.1. Morphologische Unterteilung .....	9
2.2.2. Entwicklung und Wachstum .....	10
<b>2.3. Die Epiglottis</b> .....	<b>11</b>
2.3.1. Anatomie und Morphologie .....	11
2.3.2. Entwicklung und Wachstum .....	11
<b>2.4. Das Hyoid</b> .....	<b>12</b>
2.4.1. Anatomie und Morphologie .....	12
2.4.2. Entwicklung und Wachstum .....	13
<b>2.5. Die Gaumennahterweiterungsapparatur</b> .....	<b>14</b>
2.5.1. Historie .....	14
2.5.2. Behandlungszeitraum .....	16
2.5.3. Indikation .....	17
2.5.4. Behandlungsapparaturen .....	18
2.5.4.1. Die dental verankerte GNE .....	18
2.5.4.1.1. Morphologisch-skelettale Effekte .....	20
2.5.4.1.2. Respiratorisch-funktionelle Effekte .....	21
2.5.4.1.3. Mikroskopische Effekte .....	22
2.5.4.2. Kombiniert dental-skelettal verankerte GNE .....	23
2.5.4.2.1. Die Hybrid-Hyrax .....	23
2.5.4.2.2. Die Hybrid-GNE .....	24
<b>2.6. Ziel der Studie</b> .....	<b>26</b>

<b>3. PATIENTEN UND METHODE</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1. Patientenselektion</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2. Therapeutisches Vorgehen bei der Gaumennahterweiterung</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3. Messmethoden</b> .....	<b>29</b>
3.3.1. Die kephalometrische Vermessung des FRS.....	30
3.3.1.1. Messpunkte und konstruierte Strecken an Strukturen des Schädels.....	30
3.3.1.1.1. Vermessung der Maxilla.....	30
3.3.1.1.2. Vermessung der Mandibula.....	32
3.3.1.1.3. Vermessung der Zähne.....	35
3.3.1.1.4. Zusatzmessungen.....	37
3.3.1.2. Messpunkte und konstruierte Strecken an Strukturen des Luftweges.....	38
3.3.1.2.1. Vermessung des Velums.....	38
3.3.1.2.2. Vermessung des Pharynx.....	39
3.3.1.2.3. Vermessung der Epiglottis.....	40
3.3.1.2.4. Vermessung des Hyoids.....	42
<b>3.4. Analysemethodik und Messergebnisse</b> .....	<b>43</b>
3.4.1. Angewandte statistische Methoden.....	43
3.4.2. Signifikanzniveau.....	44
3.4.3. Analysesystematik und Zielsetzung.....	45
3.4.4. Korrelationskoeffizient.....	47
3.4.5. Methodenfehler.....	48

<b>4. ERGEBNISSE</b>	<b>49</b>
<b>4.1. Strukturen des Schädels</b>	<b>49</b>
4.1.1. Maxilla	49
4.1.2. Mandibula	53
4.1.3. Dentoalveolär	57
4.1.4. Zusatzmessungen	59
<b>4.2. Strukturen des Luftweges</b>	<b>61</b>
4.2.1. Velum	61
4.2.2. Pharynx	61
4.2.3. Epiglottis	62
4.2.4. Hyoid	66
<b>4.3. Korrelationsanalyse</b>	<b>68</b>
4.3.1. Korrelationen mit P1	68
4.3.2. Korrelationen mit P2	69
4.3.3. Korrelationen mit P3	69
4.3.4. Korrelationen mit P4	69
4.3.5. Korrelationen mit P5	70
4.3.6. Korrelationen mit P6	70

<b>5. DISKUSSION</b>	<b>72</b>
<b>5.1. Patientenselektion</b>	<b>72</b>
<b>5.2. Methode</b>	<b>73</b>
5.2.1. Kephalometrische Vermessung der FRS	73
<b>5.3. Veränderungen an Strukturen des Schädels</b>	<b>74</b>
5.3.1. Maxilla	74
5.3.2. Mandibula	75
5.3.3. Dentoalveolär	77
5.3.4. Zusatzmessungen	77
<b>5.4. Veränderungen an Strukturen des Luftweges</b>	<b>78</b>
5.4.1. Velum	78
5.4.2. Pharynx	78
5.4.3. Epiglottis	78
5.4.4. Hyoid	79
<b>5.5. Schlussfolgerung</b>	<b>80</b>
<b>5.6. Prognose</b>	<b>88</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>89</b>
<b>7. ANHANG</b>	<b>103</b>
<b>8. DANKSAGUNG</b>	<b>125</b>
<b>9. LEBENS LAUF</b>	<b>126</b>



## Abkürzungsverzeichnis

A.	lat. Arteria; Arterie
CT	Computertomographie
FRS	Fernröntgenseitbild
GNE	Gaumennahterweiterung
HWS	Halswirbelsäule
MF	Methodenfehler
MW	Mittelwert
OK	Oberkiefer
p	Signifikanzwert
PAS	posterior airway space
PG	Patientengruppe
r	Korrelationskoeffizient
StaAbw	Standardabweichung
UK	Unterkiefer
V.	lat. Vena; Vene

## 1. ZUSAMMENFASSUNG

Die forcierte Gaumennahterweiterung (GNE) stellt heute ein Standardverfahren in der Kieferorthopädie dar und wurde erstmals im 19. Jahrhundert als therapeutisches Konzept vorgestellt. Der maxilläre Angriffspunkt über die Sutura palatina mediana bewirkt eine Erweiterung der Suture im Sinne einer Distraktionsosteogenese.

Neben den morphologisch-skelettalen Effekten haben die quer über den Gaumen wirkenden, reziproken Kräfte der transversalen Erweiterung des Gaumens auch respiratorisch-funktionelle Effekte wie die Vergrößerung des Naseninnenvolumens durch die gleichzeitige Expansion des Nasenbodens.

Ziel dieser Studie ist die Untersuchung zweier unterschiedlich verankerter Apparaturen zur Gaumennahterweiterung: Die Hybrid-GNE ermöglicht als skelettal-dentale „Hybrid“ zum einen über die Verankerung über 2 Miniimplantate paramedian der Sutura palatina mediana und zum anderen über die dentale Verankerung mittels Molarenbändern eine forcierte Gaumennahterweiterung unter weitgehender Vermeidung der dentoalveolären Nebeneffekte. Die konventionelle, dental verankerte GNE wird hingegen nur an Molaren, Prämolaren oder Milchmolaren fixiert.

Grundlage dieser Studie stellt ein Pool aus 100 Patienten dar, der sich symmetrisch auf beide Gruppen (Gruppe „Hybrid-GNE“ und „dentale GNE“) verteilt. Eine Subunterteilung der Hauptgruppen erfolgt je nach Vorliegen einer prätherapeutisch mesiobasalen oder neutralbasalen Kieferrelation.

Die Analyse der therapeutischen Effekte beider Apparaturen wird durch Auswertung prä- und posttherapeutischer Fernröntgenseitbilder vorgenommen. Hierbei werden neben den knöchernen Strukturen auch die Strukturen des extrathorakalen Luftraumes (posterior airway space, PAS), der Epiglottis und des Hyoids analysiert.

Aus der Analyse geht hervor, dass die skelettalen Effekte der über Miniimplantate fixierten Hybrid-GNE auf die Maxilla im Sinne einer Wachstumsinduktion deutlich dominieren, während die dentale GNE lediglich eine anteriore Neigung der Maxilla bewirkt. Neben den Wachstumseffekten auf die sagittale und vertikale Dimension erfolgt durch die Hybrid-GNE auch eine ventrale Verlagerung des Oberkiefers, so dass hier die therapeutische Indikation neben der transversalen Unterentwicklung der Maxilla auch in der sagittalen Unterentwicklung im Sinne einer mesiobasalen Kieferrelation bei Orthognathie der Mandibula gestellt werden kann.

Im Rahmen der durch die dental verankerte GNE induzierten anterioren Neigung der Maxilla kann hier die Indikation für eine dental verankerte GNE neben der transversalen Unterentwicklung der Maxilla auch in Bezug auf einen skelettal bedingten, offenen Biss gestellt werden.

Als Effekt der direkten Wachstumsbeeinflussung der Maxilla durch die Hybrid-GNE erfolgt indirekt auch eine positive Wachstumsbeeinflussung auf die Mandibula sowohl in der Vertikalen als auch in der Sagittalen. Hierbei erfolgt gleichzeitig eine Öffnung der vertikalen, basalen Kieferrelation, so dass bei einem skelettal bedingten Tiefbiss mit gleichzeitig transversaler Unterentwicklung hier die Indikation für eine Hybrid-GNE gestellt werden sollte.

In Bezug auf die sagittale, basale Kieferrelation erzielt im Vergleich zur konventionellen GNE auch hier die Hybrid-GNE bessere Ergebnisse bezüglich des Einstellens einer neutralen Kieferrelation. In Zusammenhang zur anterioren Neigung der Maxilla durch die dental verankerte GNE erfolgt eine gleichermaßen anteriore Neigung der Mandibula während der Therapie.

Zusätzlich kann durch die Therapie mit der Hybrid-GNE eine Mesialisierung der oberen Inzisivi als Antwort auf das sagittale Wachstum der Maxilla festgestellt werden, die der aktiven Reklination durch die Multibandbehandlung zur Vermeidung der Vergrößerung des Overjets bedarf.

Die Wachstumsinduktion durch die Hybrid-GNE auf knöcherne Strukturen hat dabei nicht nur einen Effekt auf die unmittelbar angrenzenden, anatomischen Strukturen, sondern auch auf das Hyoid und die Epiglottis, die beide eine Verlagerung nach ventral erfahren.

Die Ventralbewegung des Hyoids, das über die Mundbodenmuskulatur in engem Zusammenhang zur Mandibula steht, kann hierbei als Effekt der sagittalen und vertikalen Wachstumstendenz der Mandibula gesehen werden, wohingegen das Hyoid durch die dental verankerte GNE eher nach dorsal verlagert wird.

Trotz der signifikanten, skelettalen Effekte der Hybrid-GNE lässt sich durch sie keine Beeinflussung der Tiefe des extrathorakalen Luftraumes feststellen, da diese auf allen gemessenen Ebenen fast konstant bleibt. Hier hingegen bewirkt die dental verankerte GNE insbesondere bei Patienten mit mesiobasaler Kieferrelation eine Tiefenzunahme des extrathorakalen Luftraumes auf Höhe des 3. und 4. Halswirbels.

## 1. SUMMARY

*The effects of fixed appliances for palatal expansion on the posterior airway space, epiglottis and hyoid - a retrospective cephalometric study*

Today the rapid maxillary expansion (RME) is a standard method in the orthodontics and was first introduced in the 19<sup>th</sup> century as a therapeutical concept. The maxillary point of contact among the midpalatal suture causes an expansion of the suture in terms of a distraction osteogenesis.

In addition to the morphological-skeletal effects the transverse acting, inverse forces of the palatal expansion even have respiratory-functional effects just like the enlargement of the nasal volume by the simultaneous expansion of the nasal floor.

The aim of this study is the analysis of two palatal expanders, each anchored in a different way: the Hybrid-GNE (“GNE” deduced from german “Gaumennahterweiterung” = rapid palatal expansion) as a skeletal-dental hybrid enables the rapid palatal expansion by extensively avoiding the dentoalveolar side effects. On the one hand the Hybrid-GNE is fixed by two paramedian miniimplants next to the midpalatal suture, on the other hand it is fixed by two molar bands. In contrast the conventional, dental GNE is just fixed to molars, premolars or primary molars.

The basis for this study is a pool of 100 patients that is distributed symmetrically over both of the groups (group “Hybrid-GNE” and “dental GNE”). A subdivision of the main groups is created by the existence of a pretherapeutical mesiobasal or neutralbasal relation of the jaws.

The analysis of the therapeutical effects of both devices is made by the evaluation of pre- and posttherapeutical cephalograms. Beside bony structures also structures of the posterior airway space (PAS), the epiglottis and the hyoid are analyzed.

The analysis shows that the skeletal effects of the Hybrid-GNE fixed by miniimplants dominate in terms of a maxillary growth induction, whereas the dental GNE just causes an anterior declination of the maxilla. Beside the growth effects on the vertical and sagittal dimension the Hybrid-GNE also causes a ventral displacement of the maxilla. Therefore next to the maxillary, transverse underdevelopment the therapeutical indication is also the sagittal underdevelopment in terms of a mesiobasal relation of the jaws with an orthognatic mandible.

In the context of the anterior declination of the maxilla the indication for a dental fixed GNE can be seen in a skeletal-caused, open bite next to the transverse underdevelopment of the maxilla.

The result of the primary influencing of the growth of the maxilla caused by the Hybrid-GNE is a secondary, positive influencing of the growth of the mandible in sagittal and vertical direction. An opening of the vertical, basal relation of the jaws takes place, so if there is a skeletal caused overbite with simultaneous transverse underdevelopment the Hybrid-GNE should be indicated.

Regarding the sagittal, basal relation of the jaws the Hybrid-GNE achieves better results concerning the setting of a neutral relation of the jaws than the conventional GNE. In context of the anterior declination of the maxilla caused by the dental GNE also an anterior declination of the mandible is caused throughout the entire period of the therapy.

Additionally a mesial movement of the upper incisors as an answer to the sagittal growth induction of the maxilla can be assessed in the therapy with Hybrid-GNE. This needs to be treated with an active reclamation by fixed appliances to avoid an amplification of the overjet.

The influencing of the growth on bony structures caused by the Hybrid-GNE hasn't only an effect on the directly adjacent anatomical structures but also on hyoid and epiglottis that receive a ventral displacement.

The ventral displacement of the hyoid which is connected to the mandible by the mouth base musculature in a close way can be seen as an effect of the sagittal and vertical growth tendency of the mandible whereas the hyoid is moved more backwards by the dental GNE.

Despite the significant, skeletal effects caused by Hybrid-GNE there can be recognized no influence on the depth of the posterior airway space, because this stays constantly in almost all measured levels. In opposite to this the dental GNE causes an increase of depth of the posterior airway space on the level of the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> cervical vertebra especially on patients with a mesiobasal relation of the jaws.

## 2. EINLEITUNG

### 2.1. Der Gaumen

Der menschliche Gaumen unterteilt sich in den harten Gaumen (Palatum durum) mit knöcherner Unterlage und in den rachenwärts gerichteten weichen Gaumen (Palatum molle), dessen Basis ein Bindegewebs skelett (Aponeurosis palatina) mit 5 inserierenden Muskeln bildet [27].

#### 2.1.1. Anatomie und Morphologie harter Gaumen

Der harte Gaumen setzt sich dabei anterior-medial aus dem Zwischenkieferknochen (Os incisivum), anterior-lateral aus den Gaumenfortsätzen der paarig angelegten Maxilla (Processi palatini maxillae) und posterior aus den horizontalen Knochenplatten (Laminae horizontales) der paarig angelegten Ossi palatinae zusammen. Die durch diese 3 Knochenanteile gebildete Gaumenplatte wird dabei von der späteren Sutura palatina mediana und der Sutura palatina transversa kreuzförmig verbunden, anterior lagert sich y-förmig der Zwischenkieferknochen als Träger der 4 Schneidezähne über die spätere Sutura incisiva ein, wobei die Schnittstelle mit der Mediansutur über das Foramen incisivum gebildet wird [17].

Im anterioren Bereich beträgt die Dicke der knöchernen Gaumenplatte ca. 1cm, im posterioren Bereich ca. 0,5 cm [72]. Dabei trägt der Alveolarfortsatz der Maxilla jeweils den Eckzahn, beide Prämolaren sowie den 1. und 2. Molaren, die horizontalen Knochenplatten der Ossi palatinae können jeweils den 3. Molaren tragen.

Als Dach der Mundhöhle ist der harte Gaumen mit einer dünnen Submucosa und unverschieblicher sowie mehrschichtig verhornender Mundschleimhaut bedeckt, wobei diese median fibrös mit der Sutura palatina mediana und lateral fibrös mit dem Alveolarkamm verwachsen ist.

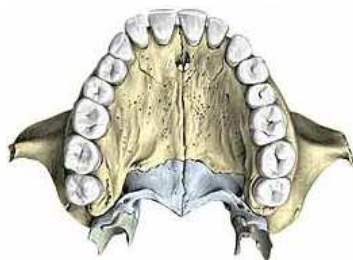


Abbildung 1: harter Gaumen von kaudal  
(aus: Sobotta – Atlas der  
Anatomie des Menschen [98])

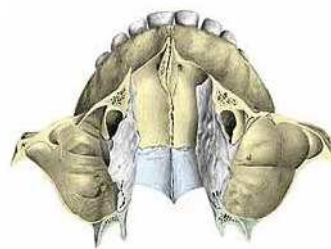


Abbildung 2: harter Gaumen von kranial  
(aus: Sobotta – Atlas der  
Anatomie des Menschen [101])

### 2.1.2. Anatomie und Morphologie weicher Gaumen

Nach dorsal setzt sich der harte Gaumen in den weichen Gaumen fort, der über das Gaumensegel (Velum palatini) in das Zäpfchen (Uvula) mündet. Im Gegensatz zum harten Gaumen ist der weiche Gaumen auf seiner oropharyngealen Unterseite mit verschieblicher Schleimhaut bedeckt und besitzt eine Submucosa mit eingelagertem Fett- und Drüsengewebe sowie vermehrt elastischen Fasern. Die nasopharyngeale Oberseite ist hingegen mit mehrreihigem Flimmerepithel der oberen Atemwege bedeckt [72].

Die 5 Gaumen- und Schlundmuskeln bilden den Hauptanteil des weichen Gaumens: das Spannen des Gaumensegels erfolgt über den Musculus tensor veli palatini, wodurch funktionell über die Veränderung des schwingenden Teils des Gaumensegels die Lautbildung der Gaumensegellaute (g, k, ch) unterstützt wird und zugleich eine Öffnung der Tuba auditiva erfolgen kann [22, 72].

Über den Musculus levator veli palatini wird das Gaumensegel gespannt und angehoben, so dass der Nasopharynx im Zuge des Schluckaktes unter Beteiligung des Musculus constrictor pharyngis superior reflektorisch geschlossen wird. Neben dem Musculus palatopharyngeus als Schlundheber und Grundlage des hinteren Gaumenbogens (Arcus palatopharyngeus) bildet der Musculus palatoglossus die Basis des vorderen Gaumenbogens (Arcus palatoglossus) und senkt das Gaumensegel. Der Musculus uvulae verläuft in Längsrichtung bis zur Spitze des Zäpfchens [28].

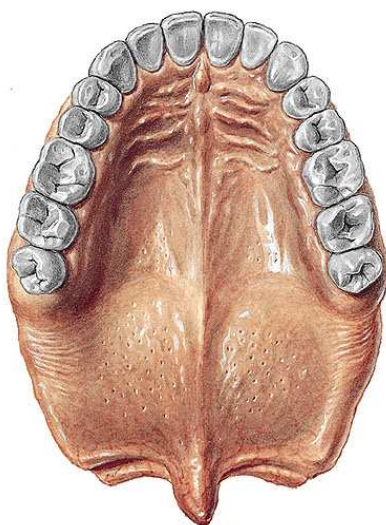


Abbildung 3: harter und weicher Gaumen (aus: Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen [99])

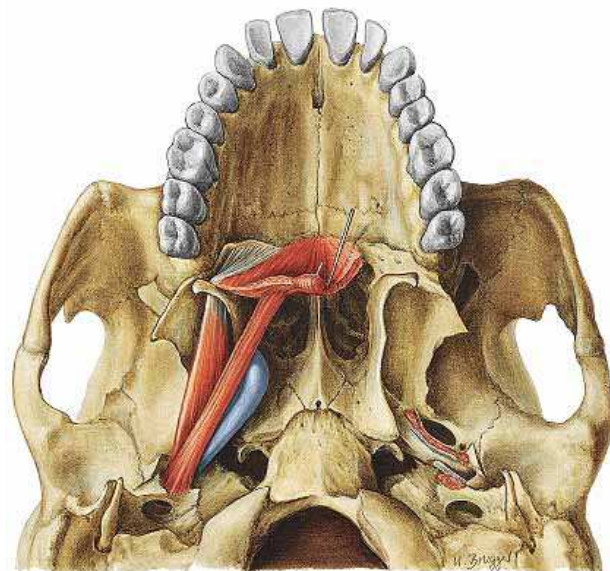


Abbildung 4: Mm. levator veli et tensor palatini (aus: Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen [100])

### 2.1.3. Entwicklung und Wachstum

Im Rahmen der Embryogenese entwickeln sich zwischen der 4. und 5. Entwicklungswoche um die im Zentrum der Gesichtsregion liegende ektodermale Mundbucht (Stomatodeum) insgesamt 5 mesenchymale Wülste [103]: 2 Unterkieferwülste, 2 Oberkieferwülste und der unpaare, breite Stirnfortsatz, an dessen unterem Rand jeweils beidseits der mediale und laterale Nasenwulst entstehen.

Durch Fusion der medialen Nasenwülste entwickelt sich der primäre Gaumen, dessen anteriorer Anteil später das dreieckige, unpaare Zwischenkiefersegment bildet. Nach posterior trennt zunächst die Membrana oronasalis die Mundhöhle von den Nasengruben ab, wobei diese Membran ab der 5. Entwicklungswoche einreißt und somit Mund- und Nasenhöhle breitflächig verbunden sind. Zwischen der 8. und 12. Entwicklungswoche kommt es zur Kaudalverlagerung der Zunge, wodurch das Aufrichten in die Horizontale der lateralen Gaumenfortsätze der Oberkieferwülste ermöglicht wird. Die Ätiologie dieser Kaudalverlagerung wird hierbei kontrovers diskutiert: nach HIS [107] erfolgt sie durch aktive Kontraktion der Zungenmuskulatur, nach SCHWARZ [107] erfolgt die Verlagerung durch verstärktes Wachstum des Unterkiefers und daraus resultierender temporärer, embryonaler Progenie. Anterior verschmelzen die Gaumenfortsätze mit dem medialen Anteil (Fissura incisiva canina) [77], dorsal des medialen Segments verschmelzen sie auf Höhe der späteren Sutura palatina mediana miteinander. Der Vereinigungsvorgang vollzieht sich hierbei vom späteren Foramen incisivum ausgehend nach dorsal, so dass die Region der Uvula erst eine Woche nach Fusion der Hartgaumenanteile erfolgt [87, 63]. Von kranial wächst zeitgleich das Nasenseptum nach kaudal und vereinigt sich mit dem neu gebildeten harten Gaumen [105].

Die Entwicklung des Oberkiefers und damit des Gaumens erfolgt durch desmale Ossifikation, wobei das Knochengewebe unmittelbar aus Mesenchymzellen hervorgeht und erste Ossifikationszentren im Bereich der späteren Milcheckzähne in der 8. Schwangerschaftswoche sichtbar werden [53].

Pränatal ist das weitere, fetale Oberkieferwachstum durch eine gleichmäßig erfolgende Größenzunahme in allen 3 Dimensionen gekennzeichnet. Dabei vergrößert sich die vertikale Gaumentiefe in 6 Wochen um 1mm [88]. In der vorgeburtlichen Zeit erfolgt der größte Teil der transversalen Kieferentwicklung, nachgeburtlich der größte Teil der sagittalen Kieferentwicklung [111]. So verdoppelt



sich die Kieferbreite in der zweiten Schwangerschaftshälfte von 15mm auf 30mm und verbreitert sich transversal in den folgenden 20 Lebensjahren auf insgesamt 40mm (regio 14-24). Bei dem zum Zeitpunkt der Geburt ca. 22mm langen Oberkiefer erfolgt eine Längenzunahme um ca. 33mm auf 56mm bis zum Zeitpunkt des Wachstumsabschlusses [71]. Demnach erfolgt ein postnatales, transversales Wachstum um 25%, während das postnatale, sagittale Wachstum 58,93% im Vergleich zum pränatalen Wachstum beträgt.

Postnatal erfolgt ein stark appositionelles Knochenwachstum, wobei sich das Verhältnis von Neurocranium zu Viscerocranium von 8:1 bei der Geburt auf 2,5:1 nach Wachstumsabschluss verändert [89]. Der Oberkiefer (sowie auch der Unterkiefer) vollzieht während des postnatalen und nach dorsokraniel ausgerichteten Wachstums im Rahmen der Gestaltsumproportionierung des Viscerocraniums eine Translation nach anterokaudal sowie eine Vertikaldrift des Alveolarfortsatzes [127, 128].

Der Alveolarfortsatz wächst dabei nach dem V-Prinzip, bei dem eine Verlängerung der beiden Schenkel im Sinne des Längenwachstums gleichzeitig zu einer Verbreiterung der Basis und umgekehrt führt [6]. Eine signifikante, vertikale Größenzunahme erfolgt dabei zum Zeitpunkt des Durchbruchs der Milchzähne, wobei durch Knochenapposition am Gaumengewölbe und gleichzeitigen Resorptionsvorgängen an der Nasenbodenregion ein Kaudalwachstum des Oberkiefers von 0,3mm pro Jahr bei Jugendlichen zwischen dem 8. und 16. Lebensjahr zu verzeichnen ist [35]. In der Sagittalen führt das Wachstum des harten Gaumens zu einer Längenzunahme an dessen dorsalen Ende, so dass über die Verlängerung der Tuber maxillae Platz für die Einstellung der Molaren freigegeben wird [86]. Weiteres appositionelles Wachstum findet unter anderem auch an der Sutura palatina mediana statt, während die Sutura incisiva sich bereits nach dem 1. bis 2. Lebensjahr vollständig schließt [24].

Nach Studien von MELSEN [85] weist die Sutura palatina mediana im Kleinkindalter im Fontalschnitt eine Y-förmige Konfiguration auf, wird mit zunehmendem Alter jedoch fortschreitend T-förmig mit gewundenem Verlauf, bis im Erwachsenenalter schließlich tief ineinander greifende Knochenbrücken im Verlauf der Naht entstehen, die die beiden Fortsätze der Maxilla mechanisch miteinander verzahnen und erstmals zwischen dem 15. und 19. Lebensjahr auftreten [94, 95, 96].

## 2.2. Der Pharynx

### 2.2.1. Morphologische Unterteilung

Die oberen Atemwege setzen sich anatomisch aus dem extrathorakalen Anteil der Trachea, dem Larynx, der Nasenhöhle und dem Pharynx, der sich seinerseits in Hypo-, Epi- und Nasopharynx gliedert, zusammen [51]. Mit einer Länge von 12-15cm [29] ist der Pharynx als fibrös-muskulärer Schlauch an der Außenfläche der Schädelbasis über die bindegewebige Fascia pharyngobasilaris am Os occipitale befestigt und geht auf Höhe des 6. Halswirbels am unteren Rand des Ringknorpels (Cartilago cricoidea) in den Oesophagus über [18]. Dabei liegt der Pharynx ventral der Wirbelsäule und mit seiner Rückfläche der Lamina praevertebralis an, lateral des Pharynx liegen die A. carotis communis, die A. carotis interna, die V. jugularis interna sowie die großen Zungenbeinhörner und die Schildknorpelplatten. Die Pharynxmuskulatur besteht aus 3 Schlundschnürern mit schräg-ringförmigem Verlauf, die alle in den dorsalen, medianen Sehnenstreifen des Pharynx (Raphe pharyngis) inserieren und aus 2 Schlundhebern, die einen Längsverlauf der Muskelfasern aufweisen [19].

Während der obere Schlundschnürer (Musculus constrictor pharyngis superior) im Rahmen des Schluckaktes durch Kontraktion den Passavant-Ringwulst dem Gaumensegel entgegenwölbt und damit einen Abschluss des Nasenraums ermöglicht, erfolgt durch die Kontraktion des mittleren (Musculus constrictor pharyngis medius) und des unteren (Musculus constrictor pharyngis inferior) Schlundschnürers eine Verengung des Rachenraums, was die Passage des Speisebreis über die Schluckrinne (Recessus piriformis) in Richtung Oesophagus ermöglicht [73]. Dieser Vorgang wird zeitgleich durch die Kontraktion der beiden Schlundheber (Musculus salpingopharyngeus, Musculus stylopharyngeus) unterstützt, indem der Pharynx verkürzt, angehoben und dadurch gleichermaßen über den Bolus „gestülpt“ wird [30].

Da zum einen der Speisebrei aus der Mundhöhle durch den Pharynx in den Oesophagus transportiert und zum anderen der Pharynx als Teil des Atmungstraktes fungiert, kann eine anatomisch-funktionelle Unterteilung des Pharynx erfolgen: der Nasenrachenraum (Nasopharynx, Epipharynx) als kranialer Abschnitt des Pharynx reicht vom Rachendach (Fornix pharyngis) bis zum Velum palatini und ist über die Choanen mit der Nasenhöhle und über die Tuba auditiva mit dem Mittelohr verbunden. Entsprechend seiner Funktion ist dieser Abschnitt des Pharynx mit

respiratorischem Epithel ausgekleidet. Der sich nach kaudal angrenzende Mundrachenraum (Oropharynx, Mesopharynx) liegt auf Höhe des 2. Halswirbels, reicht anterior bis zur Mundhöhle und wird dort durch die Zunge begrenzt. Während der Inspiration wird der Musculus genioglossus kontrahiert und vergrößert dabei das Lumen des Oropharynx [52].

Der Unterrachenraum (Laryngopharynx, Hypopharynx) als kaudalster Abschnitt liegt auf Höhe des 3.-6. Halswirbels, wird ventral durch Epiglottis und Zungengrund begrenzt und öffnet sich einerseits in den Larynx, andererseits in den Oesophagus. Durch die Fixierung der Epiglottis am Zungenbein über das Ligamentum hyoepiglotticum wird der Hypopharynx während der Atmung offen gehalten. Während des Schluckaktes und der relativen Aufwärtsbewegung des Kehlkopfes zum Zungenbein entspannt sich das Ligament und der Larynx wird verschlossen [52].

Beim Neugeborenen reicht die Epiglottis bis zum Velum, was eine Verbindung zwischen Larynx und Nasenhöhle und damit funktionell eine Trennung des Atem- und Speiseweges beim zeitgleichen Trinken und Atmen ermöglicht. Der Winkel zwischen Mundhöhlendach und Längsachse des Pharynx beträgt dabei beim Neugeborenen noch 120-130°, beim Erwachsenen nahezu 90°.

### **2.2.2. Entwicklung und Wachstum**

Als Teil des primitiven, embryonalen Magen-Darm-Kanals bildet der Schlunddarm dessen kranialen Anteil und ist über die Membrana oropharyngealis vom Stomatodeum getrennt [102].

Die Rachenmembran reißt im Laufe der 3. Entwicklungswoche ein, so dass der dorsal der Herzanlage gelegene Schlunddarm als Anlage des Pharynx Anschluss zur Mundhöhle findet. In den folgenden 2 Entwicklungswochen werden auf jeder Seite des primitiven Pharynx 5 endodermale Schlundtaschen ausgestülpt, denen von der Oberfläche des Embryos 5 ektodermale Schlundfurchen entgegenwachsen [74]. Zwischen Schlundfurchen und Schlundtaschen entstehen durch Verdichtung des Mesenchyms die 6 Schlundbögen, durch deren Differenzierung große Teile der Kopf- und Halseingeweide hervorgehen. Die Pharynxmuskulatur wird aus Teilen des 1., 3., 4., 5. und 6. Schlundbogens gebildet [28].

## 2.3. Die Epiglottis

### 2.3.1. Anatomie und Morphologie

Der Kehldeckel (Epiglottis) besteht aus einem schleimhautbedeckten, hyalinen, blattförmigen Knorpel (Cartilago epiglottica), der über einen nach kaudal gerichteten Stiel (Petiolus epiglottidis) über das Ligamentum thyroepiglotticum an der Rückfläche des Schildknorpels befestigt ist. Die Epiglottis überdeckt konkav gewölbt den Larynxvorhof und ist über das nach kranial verlaufende Ligamentum hyoepiglotticum mit dem Hyoid verbunden [21].

Funktionell vollzieht sich der reflektorische Verschluss des Kehlkopfeingangs im Rahmen des Schluckaktes über 2 Mechanismen: zum einen erfolgt eine Anhebung des Zungenbeins über die suprahyoidale Muskulatur nach ventrokranial unter den Zungengrund, der dabei passiv den Kehldeckel über den Kehlkopfeingang drückt. Zum anderen wird der Larynx durch Kontraktion des Musculus thyrohyoideus an das Hyoid herangezogen, wodurch über eine Verlagerung des oberhalb der Epiglottis gelegenen Fettkörpers (Corpus adiposum praeepiglotticum) eine Kaudalverlagerung der Epiglottis und damit der Verschluss des Aditus laryngis erfolgt. Die jeweilige Lage des Larynx ändert sich neben dem Schluckakt auch bei Inspiration und Expiration sowie bei der Bewegung der HWS [32].

### 2.3.2. Entwicklung und Wachstum

Embryogenetisch entwickelt sich die Epiglottis als Derivat aus dem 3. und 4. Schlundbogen [31].

In der 4. Entwicklungswoche senkt sich zwischen den Schlundbogenanlagen die Laryngotrachealrinne ein, aus der die epitheliale Auskleidung von Larynx und den unteren Atemwegen hervorgeht. Unmittelbar unterhalb der Zungenanlage wächst der quere Epiglottiswulst, der sich schließlich von der Zungenanlage trennt und bis in den Nasopharynx vorwächst. In der zweiten Schwangerschaftshälfte beginnt der Descensus von Epiglottis und Larynx, so dass zum Zeitpunkt der Geburt ein relativer Kehlkopfhochstand resultiert [20].

In Projektion auf die Wirbelsäule liegt der Schildknorpel des Larynx beim Neugeborenen vor dem 3.-4. Halswirbel, beim erwachsenen Mann vor dem 5.-6. Halswirbel, bei der erwachsenen Frau vor dem 4.-5. Halswirbel [75].

## 2.4. Das Hyoid

### 2.4.1. Anatomie und Morphologie

Das Zungenbein (Os hyoideum, Hyoid) ist ein kleiner, unpaarer, hufeisenförmig nach dorsal gebogener Knochen, der frei über Ligamente und Muskeln aufgehängt ist. Das unmittelbar kranial des Schildknorpels gelegene Hyoid befindet sich im Hals an der Stelle, wo die Vorderfläche des Halses in den Boden der Mundhöhle umbiegt [25]. Vom lateralen Rand des Zungenbeinkörpers (Corpus ossis hyoidei) entspringen je 2 Fortsätze auf beiden Seiten: zum einen das kleine, nach kranial gerichtete Zungenbeinhorn, das über das Ligamentum stylohyoideum mit dem Griffelfortsatz (Processus styloideum) in Verbindung steht; zum anderen das nach dorsokranial gerichtete große Zungenbeinhorn, welches im Kindesalter noch über eine Knorpelfuge mit dem Zungenbeinkörper verbunden ist [11].

Die am Hyoid inserierende Muskulatur lässt sich unterteilen in die infrahyoidale Muskulatur (Musculus sternohyoideus, Musculus sternothyroideus, Musculus thyrohyoideus, Musculus omohyoideus) und die suprahyoidale Muskulatur (Musculus digastricus, Musculus stylohyoideus, Musculus geniohyoideus, Musculus mylohyoideus). Die von kaudal als Fortführung des Rektussystem des Rumpfes am Hyoid ansetzende infrahyoidale Muskulatur entspringt Clavicula, Sternum, Larynx sowie Scapula. Bei Kontraktion der infrahyoidalen Muskulatur wird das Zungenbein zum einen im Zuge des Schluckaktes schwach nach kaudal gezogen, zum anderen werden Sternum, Larynx und Schultergürtel nach kranial gezogen, so dass die infrahyoidale Muskulatur im Zuge der Inspiration als Atemhilfsmuskulatur fungiert [76].

Bei Fixierung des Zungenbeins durch die infrahyoidale Muskulatur ermöglicht die Kontraktion der suprahyoidalen Muskulatur, die von Mandibula, Processus styloideus und Processus mastoideus entspringt, die Kieferöffnung auch ohne Beteiligung der Kaumuskulatur. Im Rahmen des Schluckaktes führen der Musculus digastricus (Venter anterior) sowie der Musculus mylohyoideus das Hyoid und damit den Larynx nach ventrokranial, im Rahmen der Phonation wird das Hyoid durch den Musculus digastricus (Venter posterior) und den Musculus stylohyoideus nach dorsokranial geführt [26].

### **2.4.2. Entwicklung und Wachstum**

Das Hyoid entwickelt sich als Derivat aus dem 2. und 3. Schlundbogen. Der 2. Schlundbogen (Hyoidbogen) stellt dabei das Material für den kranialen Abschnitt des Zungenbeinkörpers, für das kleine Zungenbeinhorn sowie für das Ligamentum stylohyoideum, das im Rahmen der Entwicklung (selten) verknöchern kann. Der Knorpel des 3. Schlundbogens bildet das Material für den kaudalen Abschnitt des Zungenbeinkörpers sowie für das große Zungenbeinhorn [104].

## 2.5. Die Gaumennahterweiterungsapparatur

### 2.5.1. Historie

Bereits im 19. Jahrhundert wurden sowohl festsitzende als auch herausnehmbare Apparaturen zur Gaumennahterweiterung verwendet, die als Dehnungsbefehle eine langsame Erweiterung des Oberkiefers mit alveolärem Kraftansatz ermöglichten.

Im Jahr 1860 beschrieb der amerikanische Zahnarzt E.C. ANGELL im Dental Cosmos [2] und in der San Francisco Medical Press [1] erstmals die rasche Gaumennahterweiterung (engl. rapid maxillary expansion), die er an einem 14,5 Jahre alten Mädchen mittels einer Dehnschraube durchführte und dabei in einer zweiwöchigen Behandlungszeit eine Zahnbogenerweiterung im Oberkiefer von 6mm verzeichnen konnte. Das entstandene Diastema mediale interpretierte er als eine Folge der Separation beider Oberkieferhälften (Zitat ANGELL: *„Dieser Apparat wurde in den Mund gesetzt und die Schraube dabei so weit aufgedreht, (...) und nach Ablauf von 2 Wochen entstand im Oberkiefer zwischen den mittleren Schneidezähnen (...) ein Zwischenraum, womit es auf überzeugende Weise bewiesen war, dass die zwei Oberkieferknochen voneinander getrennt wurden (...)“*) [118].

Da die Forschungsergebnisse von ANGELL jedoch von einflussreichen Mitgliedern der Zahnärzteschaft angezweifelt wurden, geriet die von ANGELL beschriebene Methode vorerst in Vergessenheit.

1893 berichtete C.L.GODDARD [37] von einer Bandapparatur mit Dehnschraube, die eine Erweiterung der Gaumennaht ermöglichte. Die Separation der Kieferhälften wurde ihm dabei von Anatomen bestätigt.

So wurde die von ANGELL erstmals beschriebene Methode erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts ein in Fachkreisen etabliertes Verfahren, bei dem die Verbreiterung des Nasenbodens mit folglich verbesserter Nasenatmung als Vorteil angesehen wurde [36].

Röntgenologisch konnte LANDSBERGER [115] 1908 die Ruptur der Gaumennaht nachweisen.

Von 1911-1913 verfasste SCHROEDER-BENSELER [108, 109] erste größere Arbeiten über die Gaumennahterweiterung, die bis zum 15. Lebensjahr anwendbar sei und die über die Erweiterung des Nasenbodens eine Verbesserung der Nasenatmung herbeiführe.

1956 veröffentlichte der Münchener Kieferorthopäde H. DERICHSWEILER [16] das ausführliche Werk „Gaumennahterweiterung“. DERICHSWEILER stellte dabei eine festsitzende Apparatur vor, die über eine Abstützung an den Gaumenwänden eine Kippung der Ankerzähne vermeiden soll.

Mit der Einführung der über Bänder zementierten Hyraxschraube durch BIEDERMANN wurde eine Apparatur zur forcierten Gaumennahterweiterung eingeführt, die die Mundhygiene für den Patienten wesentlich vereinfachte und den labortechnischen Herstellungsaufwand verringerte.

1961 entwickelte HAAS eine Gaumennahterweiterungsapparatur mit Kunststoffbasis zur Vermeidung von Zahnkippungen.

1999 stellte MOMMAERTS [90] den Transpalatinalen Distraktor vor, der mittels teleskopierenden Stegen direkt am Gaumen befestigt ist und eine rein skelettale Kraftübertragung ermöglicht.

2005 beschrieben KLIER und ZENK [65] die simultane Behandlungsmöglichkeit des Palatinaldistraktors und einer Multibandapparatur mit hohem Patientenkomfort und verkürzter Behandlungszeit.

2007 berichteten HANSEN et al. [47] und 2010 auch HARZER et al. [48] über die forcierte Gaumennahterweiterung mittels dem Dresden Distraktor, der über eine rein implantatgetragene Hyraxschraube die Expansion des Oberkiefers knochengetragen ermöglicht, wobei so die unerwünschten Nebenwirkungen der zahngetragenen GNE, wie Knochenresorptionen, Knochendehiszenzen und Bukkalkippungen, wie auch durch KORBMACHER et al. [67] beschrieben, vermieden werden können.



### 2.5.2. Behandlungszeitraum

Je nach therapeutischem Verfahren lässt sich die langsame Gaumennahterweiterung von der schnellen, teilweise chirurgisch unterstützten Gaumennahterweiterung im Sinne einer Distractionsosteogenese an der Sutura palatina mediana mit forcierter Dehnung der Maxilla differenzieren [110]. Dabei muss ab dem 25. Lebensjahr bei starker Verknöcherung der Gaumennaht eine chirurgische Schwächung der zirkummaxillären Suturen, insbesondere eine Schwächung des Jochbeinpfeylers an der Crista zygomaticoalveolaris in Erwägung gezogen werden [79].

Nach Studien von PERSSON et al. [94, 95, 96] unterliegt der Zeitpunkt der Ossifikation der Sutura palatina mediana als Angriffspunkt jeder GNE einer hohen Variabilität. So berichten PERSSON et al. sowohl von einer 15jährigen Patientin mit verknöchertem Sutura als auch von einer 27jährigen Patientin mit unverknöchertem Sutura. KNAUP et al. [66] berichten 2004 auf der Basis histomorphometrischer Studien von einem 54-Jährigen ohne Verknöcherung der Sutura palatina mediana.

KORBMACHER et al. [67] kamen nach anonymisierten Befragungen von 2003 Fachzahnärzten zu dem Ergebnis, dass 79,3% der Befragten das chronologische Alter für eine GNE ohne chirurgische Intervention mit durchschnittlich 19,28 Jahren als limitierende Grenze angaben, wobei ein einheitliches diagnostisches Kriterium für die Entscheidung einer chirurgisch unterstützten GNE nicht definiert werden konnte. Der mechanisch limitierende Faktor für die konservative GNE sei die mit dem Alter zunehmende suturale Knochendichte und die damit zusammenhängende Frakturresistenz [68].

Hierbei erfolgt die Anwendung der GNE zu 87,7% im permanenten Gebiss bei Jugendlichen, wohingegen der Einsatz der GNE in der ersten Dentition und im Erwachsenenalter deutlich vermindert ist [67].

Je nach Häufigkeit der Aktivierungen über die Dehnschraube kann innerhalb von 20 Tagen (bei zwei 90°-Umdrehungen pro Tag mit je 0,2mm Hubhöhe) eine Expansion von 8-9mm erreicht werden [39]. Die anschließende, durchschnittliche Retentionszeit beträgt 3-6 Monate (Median 4,5 Monate) bei 60% der von KORBMACHER et al. [67] befragten Fachzahnärzte.

### 2.5.3. Indikation

Der seitliche Kreuzbiss als transversale Okklusionsabweichung kann sowohl einseitig mit einer Häufigkeit von 9% als auch beidseitig mit einer Häufigkeit von 4% bei kaukasischen Jugendlichen auftreten [33]. Die Ursache des Kreuzbisses kann dentoalveolär durch bukkolinguale Kippung der Seitenzähne, skelettal durch ein transversales Missverhältnis der apikalen Basen von Maxilla und Mandibula oder durch ausgeprägte mandibuläre Prognathie bei symmetrischer Ausformung der Zahnbögen entstehen [58]. Die Indikation zur Therapie des Kreuzbisses mit einer GNE ist nach DIEDRICH et al. [59] immer dann gegeben, wenn durch die transversale Unterentwicklung des Oberkiefers mit sehr schmaler apikaler Basis ein Platzmangel für die oberen Eckzähne besteht und bereits eine kompensatorische Bukkalkippung der oberen Seitenzähne stattgefunden hat.

Die mindestens vorliegende transversale Unterentwicklung als Indikation für die kieferorthopädische Behandlung mit GNE wird von Fachzahnärzten hierbei durchschnittlich mit  $5,29 \pm 2,25\text{mm}$  angegeben [67].

Eine Kombinationstherapie der GNE mit Delaire-Maske ergibt sich unter anderem bei einem Kreuzbiss mit gleichzeitiger Oberkieferrücklage, wobei durch die rasche transversale Erweiterung eine Bewegung der Maxilla in sagittaler Richtung erleichtert wird [38]. Diese kombinierte Form der Dysgnathie tritt auch häufig bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten auf, wobei hier insbesondere eine anteriore, transversale Enge der Maxilla vorliegt, die auf operationsbedingten Narbenzug zurückzuführen ist. Die GNE wird hier im Alter von 12-15 Jahren durchgeführt [116] und bedarf häufig keiner chirurgischen Intervention [38].

Die Gaumennahterweiterung bei Patienten mit Wachstumsabschluss kann chirurgisch mittels einer horizontalen, bilateralen Osteotomie zwischen Alveolarfortsatz und Crista zygomaticoalveolaris unterstützt werden.

Da die natürliche Folge der Therapie mittels einer GNE die „Erweiterung des nasalen Luftweges“ ist, sieht TIMMS [117] allein im Vorliegen einer Respirationsstörung mit anteriorer, nasaler Stenose und daraus resultierender Mundatmung die Indikation für eine Therapie mit GNE. Gleichzeitig weist TIMMS [113, 114] durch eine Studie an 200 Patienten die Assoziation zwischen dem seitlichen Kreuzbiss und dem Vorliegen oto-, rhino-, und laryngologischer Störungen mit konsekutiver Mundatmung nach, da diese Störungen um das 3,4 fache häufiger bei Patienten mit seitlichem Kreuzbiss als bei Patienten mit Eugnathie bestehen.

## **2.5.4. Behandlungsapparaturen**

Im Rahmen dieser Studie werden die Effekte während der Therapie mit der dental verankerten GNE und mit der Hybrid-GNE verglichen.

### **2.5.4.1. Die dental verankerte GNE**

Eine häufig verwendete Apparatur zur Gaumennahterweiterung mit dentoalveolärem Kraftansatz ist die über Bänder fixierte Hyraxschraube nach BIEDERMANN. Über Retentionsarme wird die zentral über dem Gaumengewölbe und damit am Widerstandszentrum gelegene Schraube an Bändern festgelötet, die Bänder wiederum werden an den Sechsjahresmolaren und ersten Prämolaren bzw. ersten Milchmolaren intraoral fixiert. Die Aktivierung der Apparatur und damit die Gaumennahterweiterung erfolgt über einen Spezialschlüssel mit einer Hubhöhe von 0,8-0,9mm pro Gesamtumdrehung [38].

Der zu jedem Dentitionszeitpunkt am häufigsten angegebene Aktivierungsmodus unterliegt nach KORBMACHER et al. [67] einer hohen Variabilität und wird von Fachzahnärzten am häufigsten mit 1-2 Aktivierungen pro Tag im Sinne einer Viertelumdrehung angegeben.

Die in dieser Studie untersuchte, dental verankerte GNE wird mittels Bändern an den Sechsjahresmolaren sowie mit okklusalen Auflagen an den ersten Prämolaren oder Milchmolaren fixiert. Hierbei beschreibt NOSS [91] in einer vergleichenden Studie eine signifikant höhere transversale Erweiterung auch im anterioren Bereich des Gaumens durch eine an ersten Molaren fixierte GNE im Vergleich zu einer herausnehmbaren Plattenapparatur. Im Rahmen eines Vergleichs zwischen zwei an ersten Molaren verankerten Systemen, welche sich durch die Länge der nach anterior reichenden palatinalen Auflagen unterscheiden, lässt sich bezüglich der transversalen Erweiterung nach Ende der Retentionsphase jedoch nach NOSS [91] kein signifikanter Unterschied feststellen.

Neben der Verankerung über 2 Bänder in Kombination mit okklusalen bzw. palatinalen Auflagen kann die GNE auch über 4 Bänder verankert werden. Hierbei stellt HASSDENTEUFEL [49], der die therapeutischen Effekte zweier unterschiedlich konstruierter GNE-Apparaturen untersuchte, fest, dass sich im Vergleich zwischen einer dental verankerten GNE mittels 2 Bändern an ersten Molaren der bleibenden Dentition und einer GNE-Apparatur, die über 4 Bänder an ersten Molaren der bleibenden Dentition und ersten Milchmolaren bzw. Prämolaren verankert ist,

langfristig keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Behandlungseffekte zwischen beiden Apparaturen nachzuweisen sind.

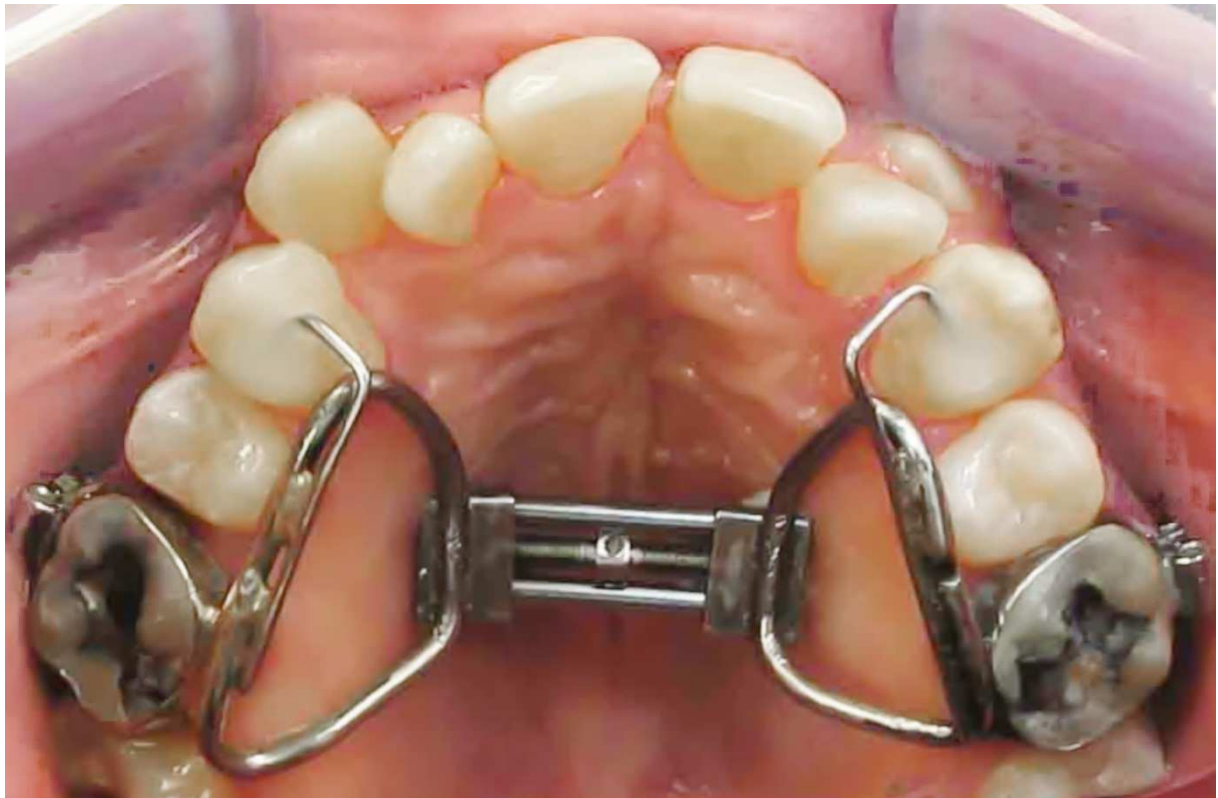


Abbildung 5: Die dental verankerte GNE  
(mit freundlicher Genehmigung aus der Praxis  
Prof. Dr. Kinzinger/ Dr. Schroeder, Tönisvorst)

#### 2.5.4.1.1. Morphologisch-skelettale Effekte

Prinzipiell bewirken die in transversaler Richtung quer über den Gaumen wirkenden, reziproken Kräfte einer Gaumennahtweiterung, dass beide Maxillahälften sich auseinander bewegen und die Sutura palatina mediana aufgerissen wird. TIMMS [119] vergleicht diese Bewegung mit dem Entfalten eines Fächers, wobei die Drehachse „irgendwo im Bereich der nasalen Luftwege“ liegt und die meisten Strecken an „vorne und unten liegenden Punkten“ zurückgelegt werden. Die Lage der Drehachse ändert sich altersabhängig sowie abhängig vom Ausmaß des Trennungswiderstandes der beiden Anteile der Maxilla. So kann die Drehachse bei Kindern im Bereich der Sutura frontomaxillaris, bei Erwachsenen hingegen viel weiter kaudal liegen [5, 69].

Während die Sutura palatina mediana im Sinne einer Grünholzfraktur eröffnet wird, kommt es an den angrenzenden Suturen der Maxilla zu „beachtlichen Spannungszuständen“ ohne Distraction [121].

Die Rotation der Oberkieferhälften erfolgt unabhängig voneinander und kann sich bis zu einem Verhältnis von 2:1 zugunsten einer Kieferhälfte ausrichten [69].

Da Zähne und Alveolarfortsatz eine starke Bukkalkippung erfahren, vollzieht sich am Oberkieferkörper und der Suturen in der Transversalen eine geringere Dehnung als am Zahnbogen.

In der Sagittalen kann eine ventrokaudale Bewegung der Maxilla beobachtet werden [126], deren Rotationszentrum im Bereich des Jochbogens liegt [4]. Aus der Abwärtsbewegung der Maxilla resultiert dabei eine „Rotation des Unterkiefers nach unten und hinten“ [115].

In der Vertikalen resultiert eine durch die Bukkalkippung der Seitenzähne verursachte Bisserrhöhung, die jedoch mehrere Jahre nach durchgeführter Behandlung kaum noch nachzuweisen ist [10, 124].

Nach COZZANI et al. [13] führt die Anwendung einer an den Milcheckzähnen und Milchmolaren verankerten GNE über einen 15tägigen Behandlungszeitraum mit anschließender Retention von 5-10 Monaten gleichzeitig zu einer spontanen Vergrößerung des intermolaren Abstandes von 16 und 26 um die Hälfte der Expansion im Bereich der Schraube.

#### 2.5.4.1.2. Respiratorisch-funktionelle Effekte

KUNKEL et al. [70] berichten über eine signifikante Zunahme des Nasenvolumens um 5cm<sup>3</sup> bei transversaler Distraction des Oberkiefers an Patienten mit hochgradigem Schmalkiefer, wobei 75% der Patienten über eine subjektiv verbesserte Nasenatmung berichten.

Nach TIMMS [120] erfahren auch die Ossi palatinae und die Processi pterygoidei des Os sphenoidale eine geringfügige Spreizung durch die GNE, wobei die nachgewiesene Distanzzunahme zwischen beiden Hamuli zu einer Erweiterung der Choanen und damit zur Erweiterung des Luftweges über die Gesamtlänge des Oberkieferkomplexes führt.

Nach DERICHSWEILER [15] und GRAY [44] können sich Septum-Deviationen spontan verbessern, da es zu einer totalen oder partiellen Loslösung des Vomers von den Gaumenfortsätzen kommt.

Über eine Verbesserung der Phonation im Sinne einer Änderung der Tonfarbe und Resonanz sowie über das Verschwinden des nasalen Klangs der Sprache berichten MARKWARDT [83], GUIMPEL [46] und GRAY [44].

Die Öffnung der Sutura palatina mediana und der Nasenhöhle erfolgt V-förmig in der Transversalen, so dass die größte Expansion am anterioren Nasenboden bei 33,3% liegt, nach kranial und dorsal jedoch abnimmt. Das Nasenvolumen zeigt eine durchschnittliche Zunahme um 4,8%, wobei jedoch keine Korrelation zwischen Zunahme des Nasenvolumens und dem Ausmaß der transversalen Expansion im Zahnbogen vorliegt [112].

Morphologisch wird durch die GNE eine Trennung der lateralen Nasenwände mit anschließend fortschreitender Entfernung der lateralen Nasenwände voneinander angenommen, aus der eine Vergrößerung des Naseninnenvolumens und eine Herabsetzung des Strömungswiderstandes für die Atemluft resultieren [112].

GRAY [44], HERSHEY et al. [50] und TIMMS [113, 122, 123] berichten neben der verbesserten Nasendurchgängigkeit auch von verminderter Infektanfälligkeit des Respirationstraktes und Verbesserung der Symptomatik bei Asthma und obstruktiver Schlafapnoe. Über eine Verbesserung der Mittelohrbelüftung und damit verbesserte Schallleitung berichten des Weiteren CEYLAN et al. [9].

#### **2.5.4.1.3. Mikroskopische Effekte**

Durch die forcierte Gaumennahterweiterung mit einem Vielpunkt-Kraftangriff über eine festsitzende Dehnapparatur wird eine innerhalb kürzester Zeit ablaufende körperliche Zahnbewegung nach lateral angestrebt. Durch die auftretenden Expansionskräfte am Alveolarfortsatz kommt es zu einer „Hyalinisation in den desmodontalen Druckzonen“ [40], die orthodontische Knochenresorbtion in den Druckzonen tritt jedoch erst 2-3 Wochen nach Kraftapplikation auf. Innerhalb dieses Zeitraums kann die Sprengung und Aufweitung der Knochennaht erfolgen, ohne dass resorbtiionsbedingte Zahnbewegungen durch die bukkale Knochenlammelle stattfinden.

An der Gaumennaht vollzieht sich die Osteogenese über die Ausbildung von Osteoid entlang der gestreckten Kollagenfasern. Die Mineralisation des Osteoids läuft über einen Zeitraum von 3 Monaten, wobei erst nach einem Jahr neustrukturierter Knochen nachzuweisen ist [41].

#### **2.5.4.2. Kombiniert dental-skelettal verankerte GNE**

Es erfolgt die Darstellung zweier ausgewählter, kombiniert dental-skelettal verankerter Gaumennahterweiterungsapparaturen.

##### **2.5.4.2.1. Die Hybrid-Hyrax**

Aufgrund der Risikofaktoren einer rein implantatgetragenen GNE, die insbesondere in Wurzelläsionen im lateralen, posterioren Bereich des Alveolarfortsatzes sowie in der Notwendigkeit einer chirurgisch invasiven Implantatverankerung mit Lappenbildung liegen [34, 90] entwickelte WILMES eine GNE, bei der im posterioren Bereich die ersten Molaren als Verankerung verwendet werden [130]. Zusätzlich werden im anterioren Bereich paramedian der Sutur zwei Benefit-Mini-Implantate (2x9mm) minimalinvasiv inseriert, da hier in der Gaumenmitte das Knochenangebot ausreichend ist [60, 129]. Die Hybrid-Hyrax [130] besteht dabei aus einer zentral in der Gaumenmitte gelegenen Hyrax-Schraube (Hyrax, Dentaurum, Ispringen), die über Bänder sowohl mit den Abutments der Miniimplantate als auch mit den Molarenbändern verschweißt ist. Sofern eine gleichzeitige Protraktion der Maxilla im Rahmen der Therapie einer skelettalen Klasse III erwünscht ist, können in die Molarenbänder Segmentbögen inseriert und die Hybrid-Hyrax mit einer Gesichtsmaske kombiniert werden. Der aktive Behandlungszeitraum liegt bei  $8,7 \pm 3,6$  Tagen mit 2 Aktivierungen pro Tag, die darauf folgende Retentionszeit beträgt 3 Monate. Die Vorteile der Behandlung mit einer Hybrid-Hyrax sieht WILMES in der Verankerungsmöglichkeit über Miniimplantate bei nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum der ersten Molaren bzw. bei Wurzelresorptionen der Milchmolaren und damit in der Möglichkeit eines frühen Behandlungsbeginns. Bei der Therapie einer skelettalen Klasse III mit Gesichtsmaske in Kombination mit Hybrid-Hyrax kann die Hybrid-Hyrax die Protraktion der Maxilla über die Schwächung der Suturen im Mittelgesicht ermöglichen und somit die Effekte der extraoralen Traktion verstärken [130].



#### 2.5.4.2.2. Die Hybrid-GNE

In Anlehnung an die von WILMES 2008 erstmals routinemäßig angewandte Hybrid-Hyrax [130] entwickelten LUDWIG et al. die Hybrid-GNE als festsitzende Behandlungsapparatur mit kombiniert dental-skelettaler Abstützung. Über die Insertion zweier Miniimplantate im anterioren Gaumen jeweils 2mm paramedian der Sutura und über die dentale Verankerung mittels Molarenbändern kann eine forcierte Gaumennahterweiterung innerhalb eines aktiven Behandlungszeitraumes von durchschnittlich 11 Tagen mit 3 Aktivierungen pro Tag erfolgen.

Das mechanische Grundgerät der Hybrid-GNE ist dabei eine Palatinalsplitschraube (Snap Lock, Forestadent), deren laterale Arme zum einen mit den Abutments der Implantate und zum anderen mit den Molarenbändern verschweißt sind. Über einen Blattfedermechanismus ist die Palatinalsplitschraube vor einem spontanen Zurückdrehen der Spindel gesichert.

Die verwendeten Miniimplantate (Ortho Easy, Forestadent) (max.1,8x8mm) weisen zur Gewährleistung der mechanischen Stabilität eine Zunahme des Durchmessers im Bereich der Kortikalis von 1,4 auf 1,8mm auf. Die Primärstabilität des Implantatsystems wird dabei über die Hinterschneidungen in den Gewindebahnen hervorgerufen. Diese Hinterschneidungen nehmen nach Abbau der Insertionsbelastung den Knochen auf und sorgen so für eine mechanische Verankerung im Knochen.

Nach LUDWIG et al. [82] erfolgt die Distraction mittels Hybrid-GNE im Bereich der Gaumennaht von anterior nach posterior und von kranial nach kaudal annähernd parallel und ist mit einer chirurgisch unterstützten Gaumennahterweiterung zu vergleichen. Hierbei besteht die Dominanz der skelettalen Effekte im Vergleich zu den dentalen Effekten durch die Hybrid-GNE: im Bereich des Diastemas liegen die skelettalen Effekte bei 75%, im intermolaren Bereich bei 81%.

Neben der Reduzierung dentaler Nebeneffekte sowie einer deutlichen Steigerung der skelettalen Reaktion sehen LUDWIG et al. [82] in der Möglichkeit der zeitgleichen Zahnbogenausformung, der universellen Anwendbarkeit zu jedem Zeitpunkt des Zahnwechsels und in der Verkürzung des Behandlungszeitraums um 3 Monate einen deutlichen Vorteil der Hybrid-GNE gegenüber den konventionellen Apparaturen. So eignet sich die Hybrid-GNE zur Früh-, Spät- und Erwachsenenbehandlung [78]. Die Kombination der Hybrid-GNE mit einer Gesichtsmaske zur Behandlung der skelettalen Klasse III kann dabei bis zum 12. Lebensjahr durchgeführt werden, da bis

zu diesem Zeitpunkt die sagittale Traktion der Maxilla über eine Auflockerung der zirkumferrenten Suturen möglich ist. [79]. Der nach ventrokaudal ausgerichtete Vektor der protrahierenden Kraft wird dabei über sich überkreuzende elastische Gummizüge erzeugt, die sowohl lateral der GNE als auch am Gesichtsbogen befestigt werden [81].

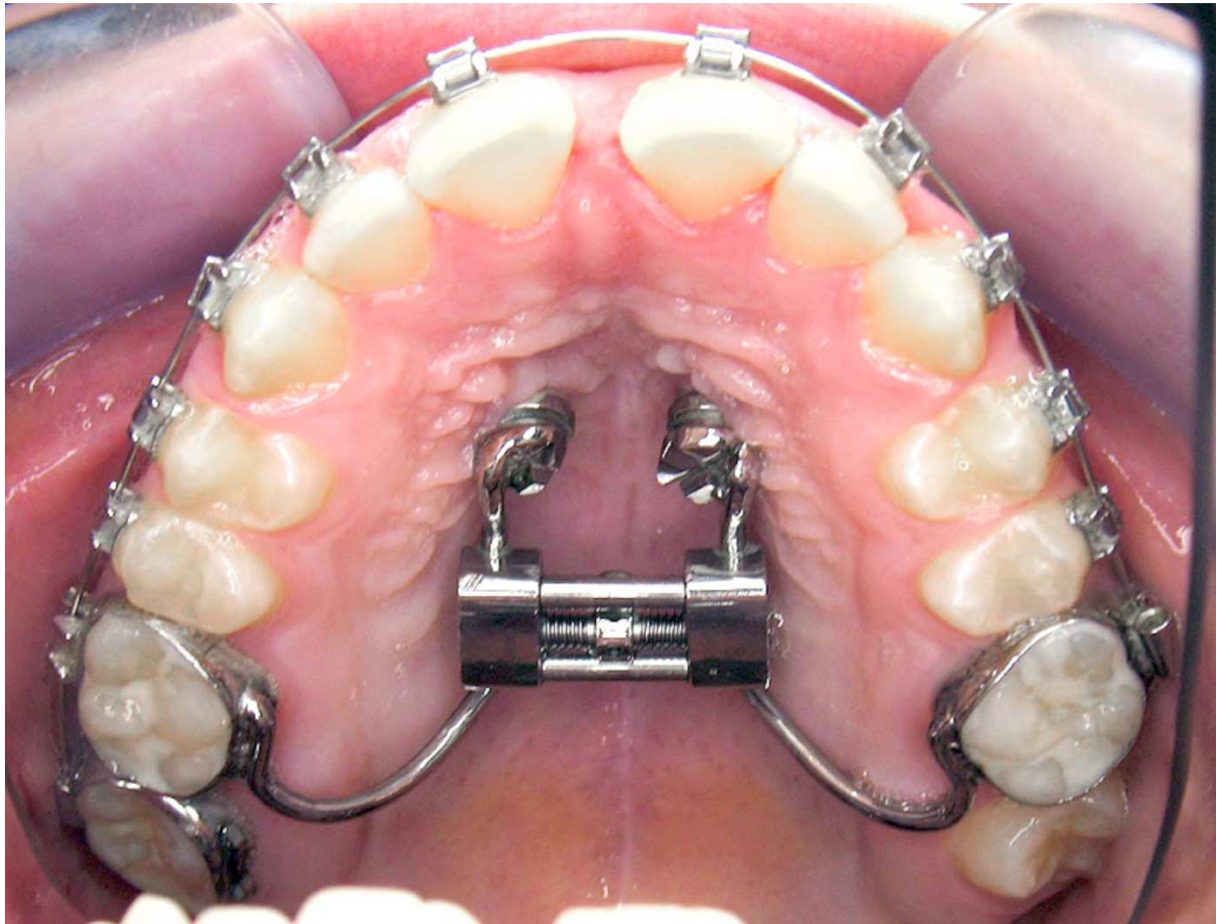


Abbildung 6: Die Hybrid-GNE  
(mit freundlicher Genehmigung aus der Praxis  
Dr. Ludwig/ Dr. Glasl, Traben-Trarbach)

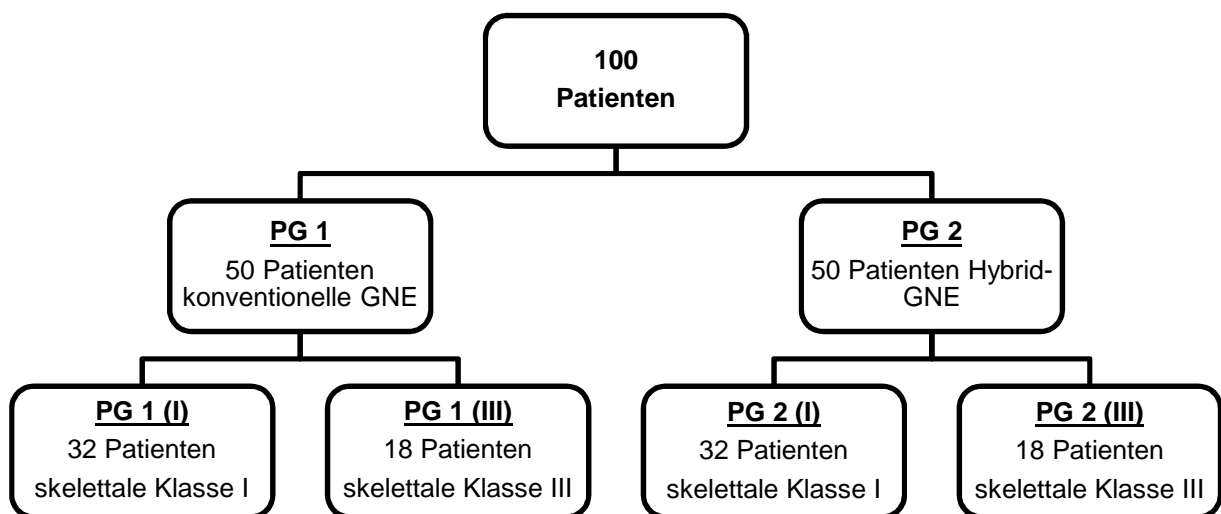
## 2.6. Ziel der Studie

- Welche unterschiedlichen Effekte hat eine rein dental verankerte Gaumennahterweiterungsapparatur im Vergleich zu einer kombiniert dental-skelettal verankerten GNE?
- Welche Effekte resultieren hierbei in der Sagittalen auf die knöchernen Strukturen des Schädels? Welche resultieren auf die Strukturen des Luftweges?
- Welche Vorteile ergeben sich aus der Therapie mit einer dental verankerten GNE im Vergleich zur Therapie mit einer kombiniert dental-skelettal verankerten GNE?
- Gibt es Nebeneffekte?
- Inwieweit beeinflusst die prätherapeutische, basale, sagittale Kieferrelation das Behandlungsergebnis im Vergleich zwischen den beiden Apparaturen?
- Inwieweit ergibt sich eine generelle therapeutische Indikation zu einer der Behandlungsapparaturen?
- Inwieweit ergibt sich eine spezielle therapeutische Indikation zu einer der Behandlungsapparaturen, je nach Vorliegen der prätherapeutischen, basalen, sagittalen Kieferrelation?

### 3. PATIENTEN UND METHODE

#### 3.1. Patientenselektion

Der die Basis für diese Studie bildende Patientenpool im Sinne des Gesamtkollektivs besteht aus 100 Patienten, von denen 50 in der Gemeinschaftspraxis Prof. Dr. med. dent. Gero Kinzinger / Dr. med. dent. Ansgar Schroeder (Tönisvorst) mit einer rein dental verankerten Gaumennahterweiterungsapparatur und 50 in der Gemeinschaftspraxis Dr. med. dent. Björn Ludwig / Dr. med. dent. Bettina Glasl (Traben-Trarbach) mit einer Hybrid-GNE behandelt wurden. Jede der beiden Patientengruppen (PG) erfährt dabei eine Subunterteilung, je nach Zugehörigkeit der Patienten zur skelettalen Klasse I (sagittal neutralbasale Kieferrelation) oder III (sagittal mesiobasale Kieferrelation) bei Therapiebeginn zum Zeitpunkt T1. In beiden Gruppen weisen jeweils 32 Patienten eine skelettale Klasse I und 18 Patienten eine skelettale Klasse III auf.



Zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns (T1) im Sinne der Zementierung der GNE waren alle Patienten im Durchschnitt  $13,04 \pm 4,82$  Jahre, zum Behandlungsende (T2) im Sinne der Entfernung der GNE durchschnittlich  $13,54 \pm 4,78$  Jahre alt, was einer durchschnittlichen Behandlungszeit im Sinne der Tragedauer der GNE von  $5,96 \pm 2,43$  Monaten entspricht. Zum Zeitpunkt der Eingliederung waren der jüngste Patient der Studie 7,08 Jahre und der älteste Patient 45,92 Jahre alt.

	<b>N</b>	<b>Behandlungszeitraum [Monate]</b>
<b>Patientenpool</b>	<b>100</b>	<b>5,96 ± 2,43</b>
<b>PG 1: konventionelle GNE</b>	<b>50</b>	<b>7,12 ± 2,37</b>
PG 1 (I): Skelettale Klasse I	32	7,09 ± 2,11
PG 1 (III): Skelettale Klasse III	18	7,17 ± 2,83
<b>PG 2: Hybrid-GNE</b>	<b>50</b>	<b>4,8 ± 1,90</b>
PG 2 (I): Skelettale Klasse I	32	5,13 ± 2,09
PG 2 (III): Skelettale Klasse III	18	4,22 ± 1,39

Im Rahmen der klinischen Routine wurden von jedem Patienten zwei Fernröntgenseitbilder angefertigt. Das erste FRS wurde bei der Anfangsdiagnostik und damit vor Eingliederung der GNE als prätherapeutisches FRS (T1) angefertigt, das zweite FRS unmittelbar nach Entfernung der GNE als posttherapeutisches FRS (T2), so dass der Studie 200 Röntgenbilder zur Auswertung zur Verfügung stehen. Die Aufnahme wird in der Norma lateralis von der rechten Seite in aufrechter Körperhaltung und bei habitueller Interkuspitation durchgeführt.

Die Subunterteilung der Patienten im Sinne der Zugehörigkeit zur skelettalen Klasse I oder III erfolgt anhand der kephalometrischen Auswertung der prätherapeutischen FRS. Anhand des ANB-Wertes zum Zeitpunkt T1 wird so festgestellt, ob eine neutrale Kieferrelation mit einem ANB-Wert  $\geq 0$  oder eine mesiobasale Kieferrelation mit einem ANB-Wert  $\leq 0$  vorliegt.

### **3.2. Therapeutisches Vorgehen bei der Gaumennahterweiterung**

Der aktive Behandlungszeitraum beträgt bei den Patienten mit dental verankerter GNE je nach therapeutischer Indikation 7-10 Tage, wobei die Patienten zu 2 Aktivierungen der Dehnschraube pro Tag instruiert werden. Die dental verankerte GNE wird nach diesem aktiven Zeitraum wie oben beschrieben noch mehrere Monate in situ zwecks Retention und Rezidivvermeidung belassen.

Nach Insertion der Hybrid-GNE wird die Stellschraube 3x täglich aktiviert (entsprechend 3x0,2mm pro Vierteldrehung), so dass das therapeutische Ziel nach durchschnittlich 11 Tagen erreicht ist. Die anschließende Retentionszeit beträgt nach LUDWIG, GLASL et al. [76] ca. 3 Monate.

### 3.3. Messmethoden

Die Analyse der FRS-Aufnahmen erfolgt digital mittels „fr-win“ (Computer konkret AG, easy-dental-software, Falkenstein, Programmversion 7.0). Nach Datenimport im Sinne des Uploads der ausgewählten und digitalisierten FRS in die Software und Anlegen der den FRS zugehörigen Patientenstammdaten wird zunächst jede Aufnahme mittels eines programminternen Lineals kalibriert, so dass für jedes Bild einheitliche Größeninformationen vorliegen. Als Referenz für das digitale Lineal dient hierbei die Messskala der Nasenstütze des jeweilig verwendeten FRS-Röntgengerätes.

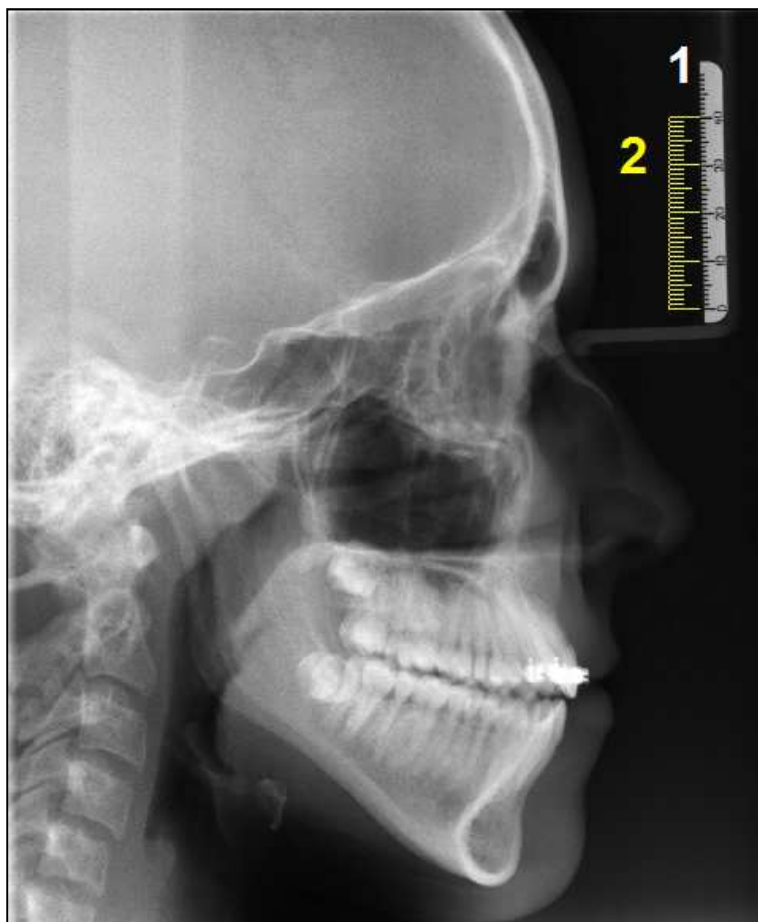


Abbildung 7: 1 = Messskala Nasenstütze 2 = programminternes Kalibrierunglineal

Bei radiografisch bedingter Dopplung anatomischer Strukturen werden diese gemittelt und entsprechend über das Programm eingezeichnet.

Nach erfolgter kephalometrischer Vermessung aller FRS über fr-win erfolgt der Datenexport aller erhobenen Daten. Über die Erstellung einer Datenbank mittels Excel (Microsoft, USA) werden zunächst insgesamt 104 Parameter exportiert, die aufgrund der zweizeitigen Messung für jeden der 100 Patienten doppelt vorliegen.

### 3.3.1. Die kephalometrische Vermessung des FRS

Die Auswertung der FRS über fr-win erfolgt über ein speziell definiertes Analyseverfahren.

#### 3.3.1.1. Messpunkte und konstruierte Strecken an Strukturen des Schädels

##### 3.3.1.1.1. Vermessung der Maxilla

Für die Vermessung der Maxilla werden folgende Bezugspunkte in der Median-Sagittalebene eingezeichnet:

<b>S</b>	Sella	→ Mittelpunkt der Sella turcica des Os sphenoidale
<b>N</b>	Nasion	→ Schnittpunkt zwischen Os frontale und Os nasale, entspricht Sutura frontonasalis
<b>Ba</b>	Basion	→ kaudalster Punkt des Sphenooccipitalkomplexes am Vorderrand des Foramen magnum
<b>SPA</b>	Spina nasalis anterior	→ am weitesten anterior gelegener Punkt der Maxilla und vorderster Punkt der Apertura piriformis
<b>SPP</b>	Spina nasalis posterior	→ am weitesten posterior gelegener Punkt des harten Gaumens am Übergang zum Velum
<b>A</b>	A-Punkt	→ tiefste Einziehung am Vorderrand der Maxilla
<b>Pog</b>	Pogonion	→ am weitesten anterior stehender Punkt der Symphyse der Mandibula

Zusätzlich werden folgende Bezugsebenen konstruiert:

<b>OE</b>	Okklusionsebene	→ Ebene durch die distobukkale Höckerspitze der UK 6er und durch den Punkt, an dem sich die OK/UK 1er zur Hälfte überlappen
<b>PE</b>	Palatinalenebene	→ Ebene durch SPA und SPP
<b>NS</b>	Nasion-Sella-Ebene	→ Referenzlinie zur Neigung der Schädelbasis
<b>FE</b>	Facialebene	→ Verbindungslinie zwischen Nasion und Pogonion

Auf Basis der Bezugspunkte und Linien ergeben sich folgende zu vermessende Strecken in mm:

- S-SPA**
- S-SPP**
- N-SPA**
- N-SPP**
- Ba-SPP**

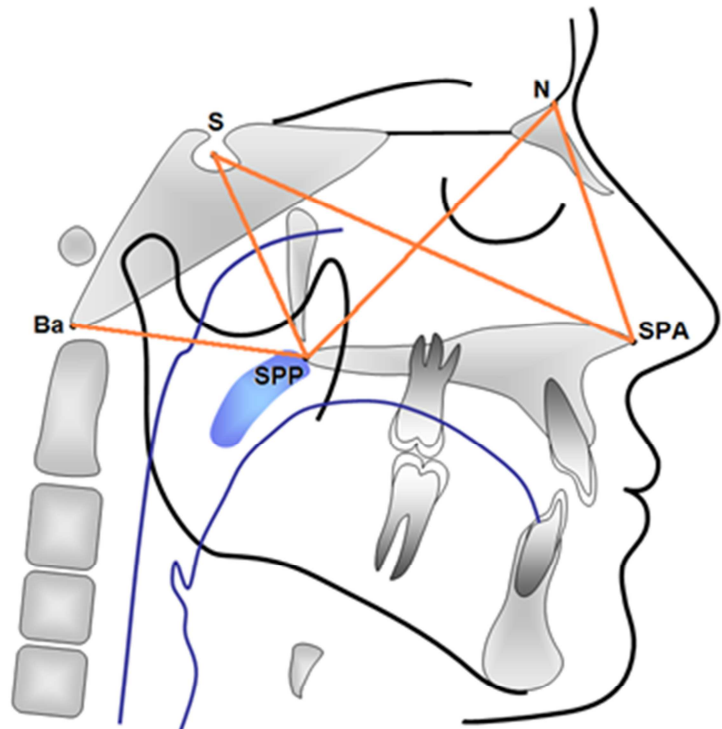


Abbildung 8: Streckenmessung Maxilla

Neben den Strecken ergeben sich folgende Winkel:

- Ba-S-SPP**                      **SN/OE**
- SN-SPA**                        **SPA-N-Pog**
- SPP-SPA-BaN**

**SNA** → definiert die skelettale Einlagerung der Maxilla zur Schädelbasis

**SN/PE** → definiert die Einlagerung der Maxilla im Bezug zur vorderen Schädelbasis

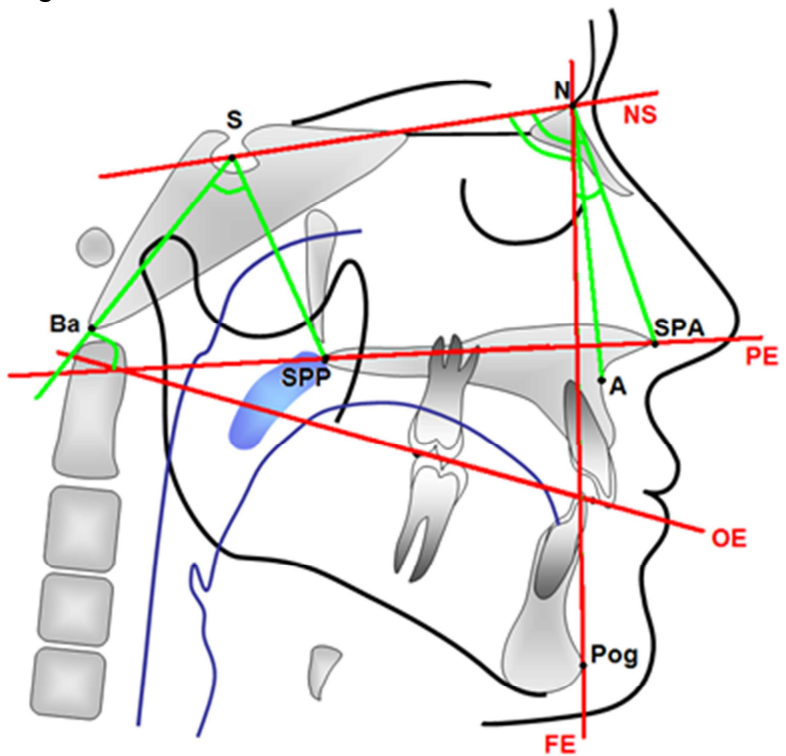


Abbildung 9: Winkelmessung Maxilla



### 3.3.1.1.2. Vermessung der Mandibula

Neben den bereits erläuterten Bezugspunkten werden folgende Punkte in der Median-Sagittalebene zur Vermessung der Mandibula benötigt:

<b>Go</b>	Gonion	→ konstruierter Schnittpunkt aus Mandibularebene und Ramuslinie
<b>Gn</b>	Gnathion	→ konstruierter Schnittpunkt aus Mandibularebene und Facialebene
<b>Me</b>	Menton	→ kaudalster Punkt der Symphyse der Mandibula
<b>Cod</b>	Condylus	→ am weitesten dorsal gelegener Punkt des Condylus mandibulae
<b>Ar</b>	Artikulare	→ Schnittpunkt zwischen dem Sphenooccipitalkomplex und dem dorsalen Rand des Collum mandibulae
<b>B</b>	B-Punkt	→ tiefste Einziehung am Vorderrand der Symphyse des Unterkiefers

Folgende Hilfs- und Bezugslinien werden benötigt:

<b>ME</b>	Mandibularebene	→ vom Menton ausgehende und an der Basis der Mandibula verlaufende Tangente
<b>RL</b>	Ramuslinie	→ vom Artikulare ausgehende und am Hinterrand des Ramus mandibulae verlaufende Tangente

Es ergeben sich folgende auszumessende Strecken in mm:

- S-Go
- N-Gn
- N-Me
- N-Pog
- Ba-Pog
- Cod-Pog

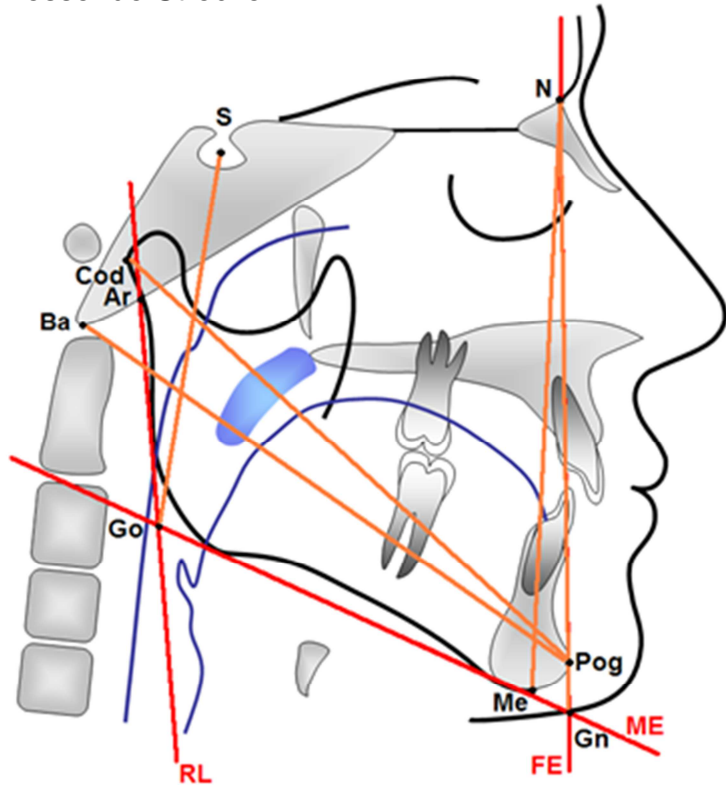


Abbildung 10: Streckenmessung Mandibula

An der Mandibula werden in der Median-Sagittalebene folgende Winkelmessungen vorgenommen:

- N-S-Ar
- S-Ar-Go
- Ar-Go-Me
- SN-Pog

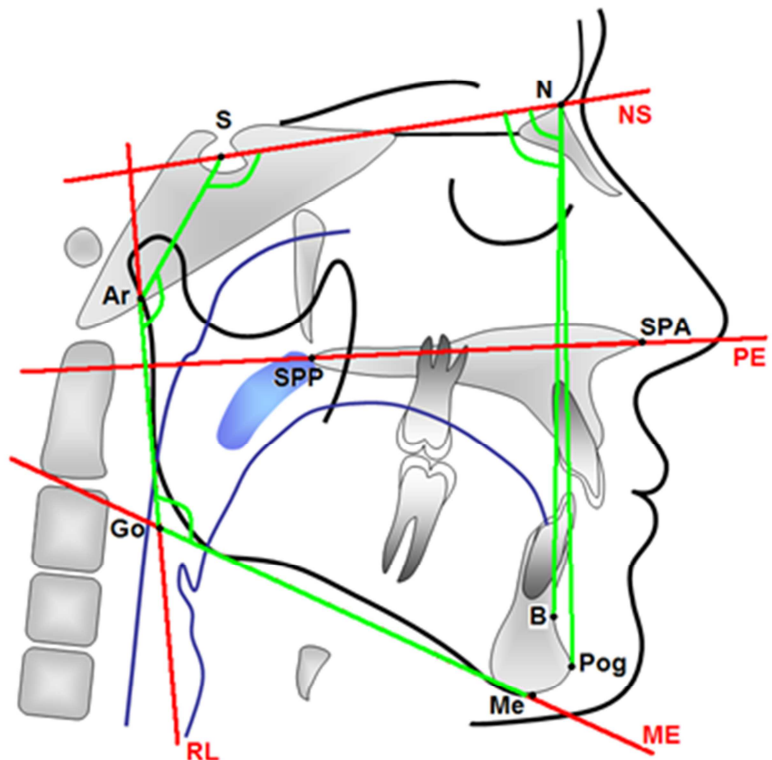


Abbildung 11: Winkelmessungen Mandibula

- SNB** → definiert die skelettale Einlagerung der Mandibula zur Schädelbasis
- ANB** → „SNA minus SNB“, definiert die sagittale, skelettale Kieferrelation und damit die Lage beider Kiefer zueinander
- SN/ME** → definiert die Einlagerung der Mandibula in Bezug zur vorderen Schädelbasis
- PE/ME** → definiert die vertikale, basale Kieferrelation
- Summenwinkel** → Hauptwinkel für die Wachstumsrichtung bzw. -tendenz, Summe der Winkel N-S-Ar, S-Ar-Go und Ar-Go-Me

### 3.3.1.1.3. Vermessung der Zähne

Anhand folgender Referenzpunkte werden die Zähne vermessen:

- P** → Porion, Oberrand des Porus acusticus externus
- O** → Orbitale, der am weitesten kaudal gelegene Punkt der knöchernen Orbita
- PT** → Pterygoid-Punkt, Schnittpunkt zwischen Foramen rotundum und Hinterwand der Fossa pterygopalatina
- aOK1** → apikale Spitze des ersten oberen Inzisivus
- iOK1** → inzisale Spitze des ersten oberen Inzisivus
- aUK1** → apikale Spitze des ersten unteren Inzisivus
- iUK1** → inzisale Spitze des ersten unteren Inzisivus
- dOK6** → distale Kontur des Sechsjahresmolaren im Oberkiefer
- dUK6** → distale Kontur des Sechsjahresmolaren im Unterkiefer

Aus den Referenzpunkten ergeben sich folgende Strecken und Linien:

- FH** → Frankfurter Horizontale, Verbindung zwischen Porion und Orbitale
- OK1** → Achse durch den ersten oberen Inzisivus, Linie durch aOK1 und iOK1
- UK1** → Achse durch den ersten unteren Inzisivus, Linie durch aUK1 und iUK1
- PTV** → Pterygoid-Senkrechte, durch den PT-Punkt verlaufende und im rechten Winkel zur FH stehende Gerade

Es werden folgende Strecken in mm ermittelt:

- OK1-PTV
- UK1-PTV
- OK6-PTV
- UK6-PTV

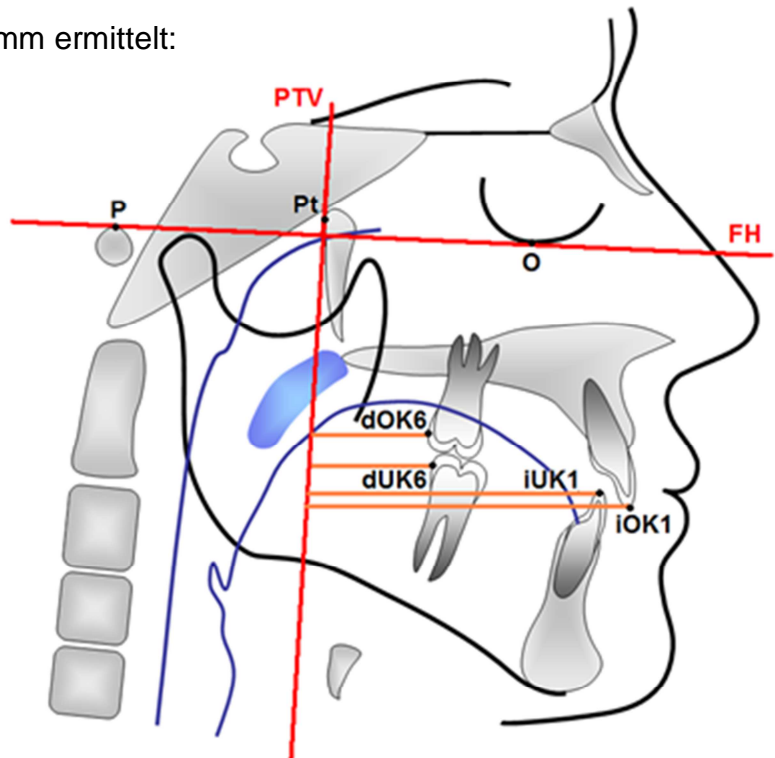


Abbildung 12: Streckenmessung Zähne

- Overjet** → sagittale Frontzahnstufe, horizontaler Abstand zwischen den oberen und unteren Inzisivi
- Overbite** → vertikale Frontzahnstufe, Überbiss der oberen über die unteren Inzisivi

Folgende Winkel werden zur Lagevermessung der Zähne im Schädel ermittelt:

- OK1-PE
- OK1-SN
- UK1-ME

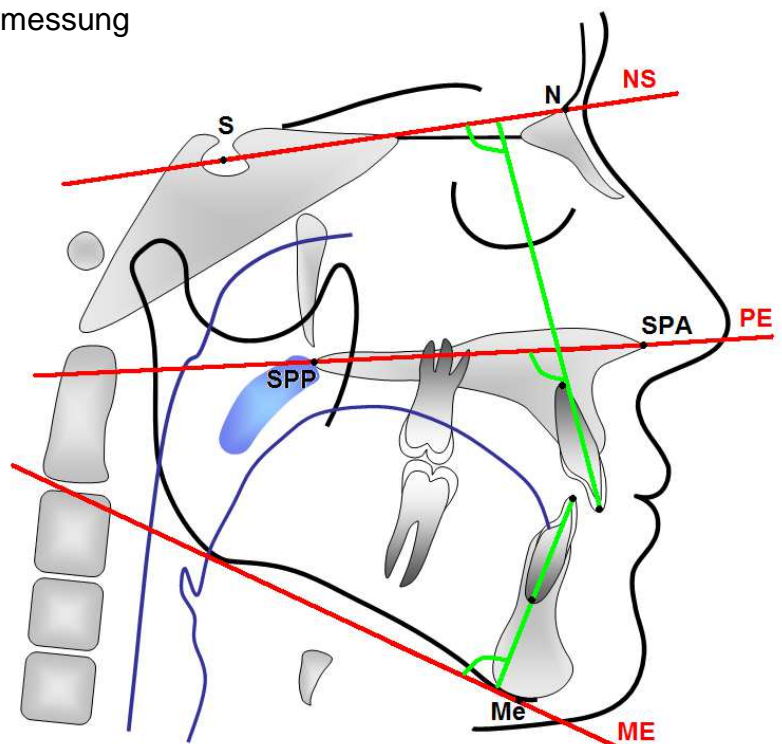


Abbildung 13: Winkelmessung Zähne

### 3.3.1.1.4. Zusatzmessungen

Neben den bereits genannten Strecken und Winkeln werden noch folgende Messungen an knöchernen Strukturen vorgenommen:

Cod-PTV  
 N-Ba-Pog  
 N-S-Ba  
 S-Ba-Pog

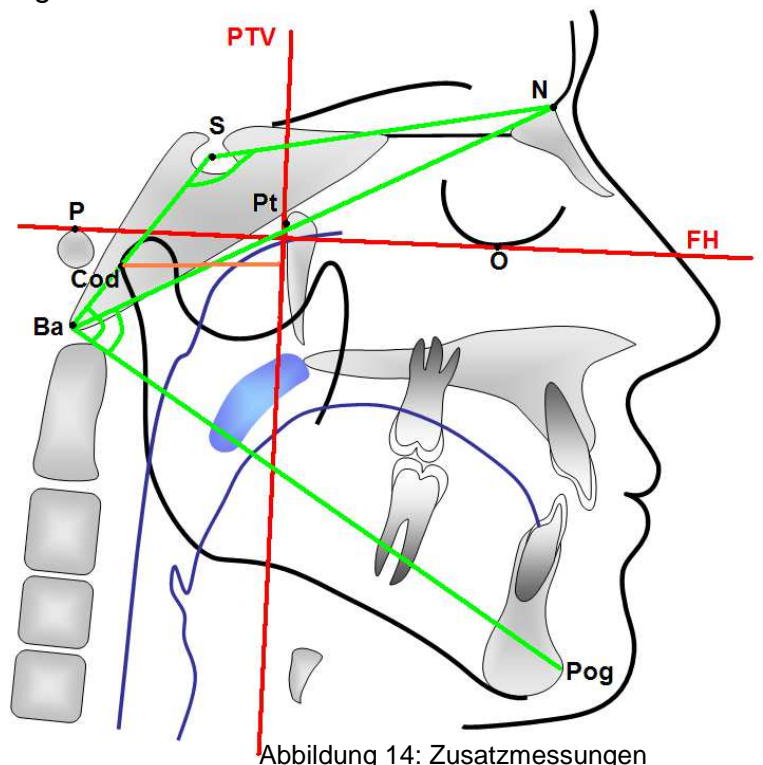


Abbildung 14: Zusatzmessungen

### 3.3.1.2. Messpunkte und konstruierte Strecken an Strukturen des Luftweges

#### 3.3.1.2.1. Vermessung des Velums

Für die Vermessung des Velums werden folgende Weichteilpunkte eingezeichnet:

- UV** → upper velum;  
 kraniodorsale Velumkante  
 an der breitesten Stelle
- LV** → lower velum;  
 ventrokaudale Velumkante  
 an der breitesten Stelle
- VT** → velum tip;  
 kaudale Spitze des Velums

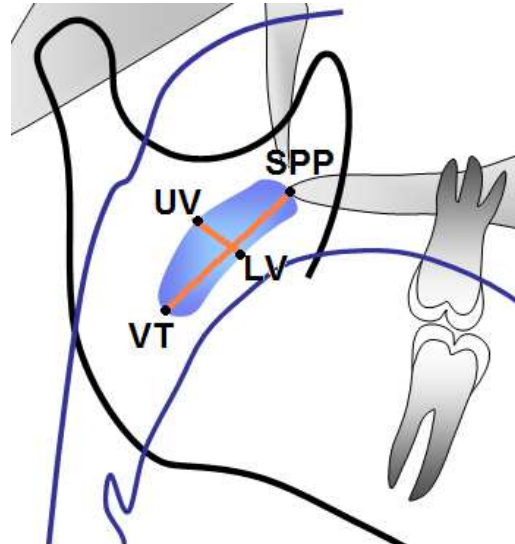


Abbildung 15: Vermessung Velum

Es ergeben sich folgende Streckenmessungen am Velum:

**UV-LV**

**SPP-VT**

Die Fläche des Velums (velum area) in mm<sup>2</sup> wird zusätzlich durch Multiplikation beider gemessener Strecken angenähert:

$$\text{velum area} = (\text{UV-LV}) \times (\text{SPP-VT})$$

### 3.3.1.2.2. Vermessung des Pharynx

Die Vermessung des Pharynx erfolgt zum einen unter Zuhilfenahme verschiedener kephalometrischer Bezugsebenen (OE, PE, ME), die in ihrer Verlängerung den Pharynx sagittal durchkreuzen. Zum anderen erfolgt die Pharynxvermessung unter Orientierung am 2. bis 4. Halswirbel. Dabei stellen die knöchernen ventrokaudalen und dorsokaudalen Kanten des jeweiligen Corpus vertebralis die Referenzpunkte dar, durch die eine den Pharynx ventral und dorsal durchkreuzende Gerade als Bezugsebene entsteht.

Folgende, auf den Bezugsebenen liegende Strecken von der posterioren Pharynxwand (pP) zur anterioren Pharynxwand (aP) werden in der Mediansagittalebene vermessen:

- P1** → pP-SPP; auf Höhe der Palatinalenebene gelegene Strecke zwischen SPP und pP1
- P2** → auf Höhe der Okklusionsebene gelegene Strecke zwischen pP2 und aP2
- P3** → auf Höhe der kaudalen Kanten des Axis (pC2-aC2) gelegene Strecke zwischen pP3 und aP3
- P4** → auf Höhe der Mandibularebene gelegene Strecke zwischen pP4 und aP4
- P5** → auf Höhe der kaudalen Kanten des 3.Halswirbel (pC3-aC3) gelegene Strecke zwischen pP5 und aP5
- P6** → auf Höhe kaudalen Kanten des 4.Halswirbel (pC4-aC4) gelegene Strecke zwischen pP6 und aP6

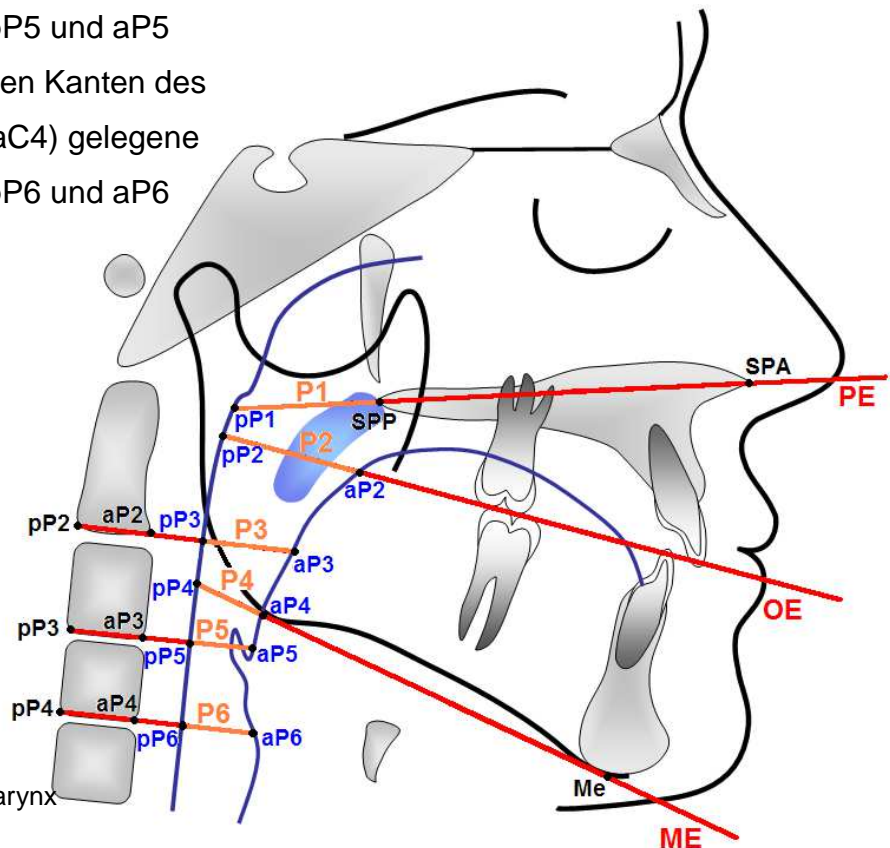


Abbildung 16: Vermessung Pharynx



### 3.3.1.2.3. Vermessung der Epiglottis

Die Grundlage für die Vermessung der Epiglottis bilden zwei anatomische Punkte:

**EB** → epiglottis base; Epiglottisgrund am Übergang des Zungengrundes zur Epiglottis

**ET** → epiglottis tip; Spitze der Epiglottis

Es werden folgende Strecken an der epiglottis base vermessen:

- EB-aC2**
- EB-aC3**
- EB-aC4**
- EB-S**
- EB-N**
- EB-Me**

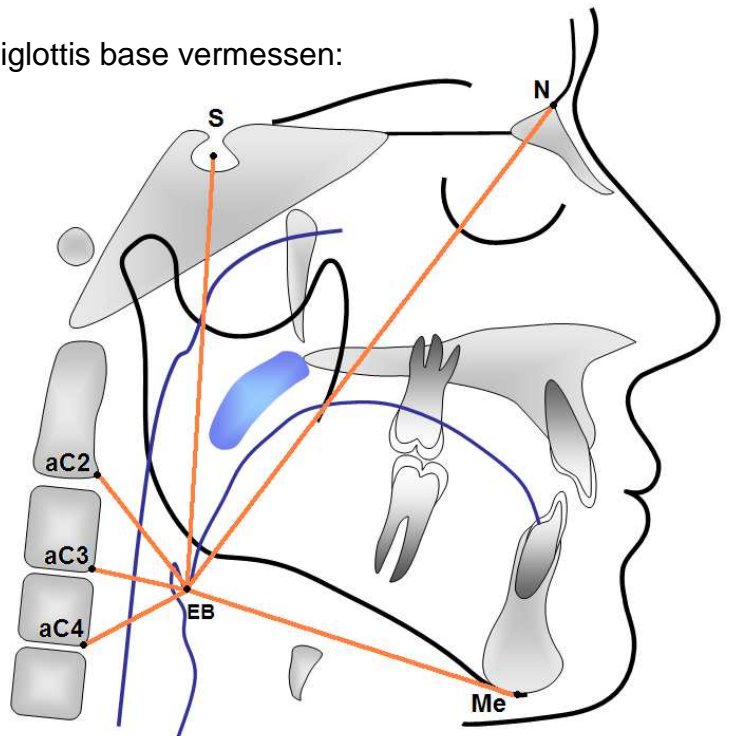


Abbildung 17: Streckenmessung EB

Folgende Winkel werden an der epiglottis base vermessen:

- Go-Me-EB**
- N-S-EB**
- SPA-SPP-EB**

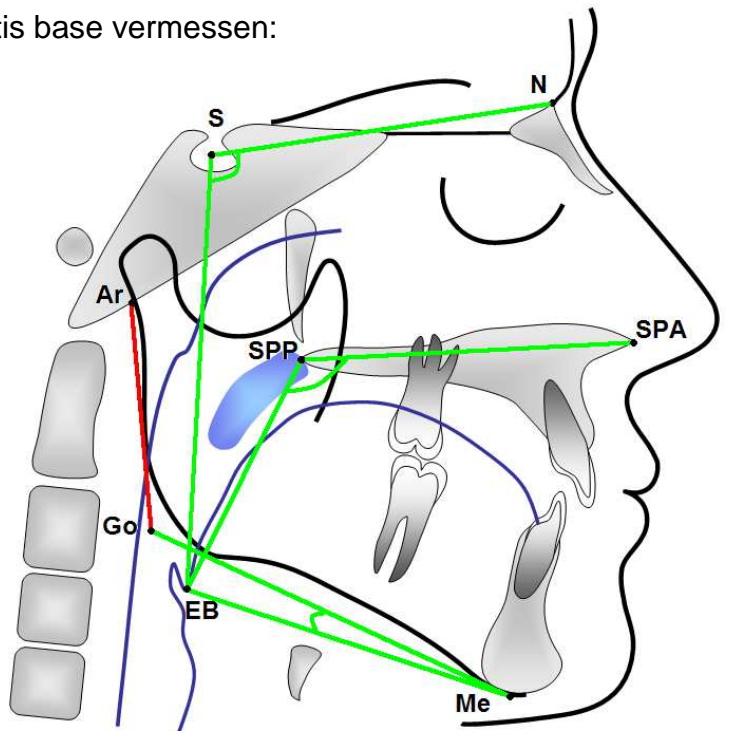


Abbildung 18: Winkelmessung EB

Es werden folgende Strecken am epiglottis tip vermessen:

- ET-aC2
- ET-aC3
- ET-aC4
- ET-S
- ET-N
- ET-Me
- ET-pP6
- ET-EB

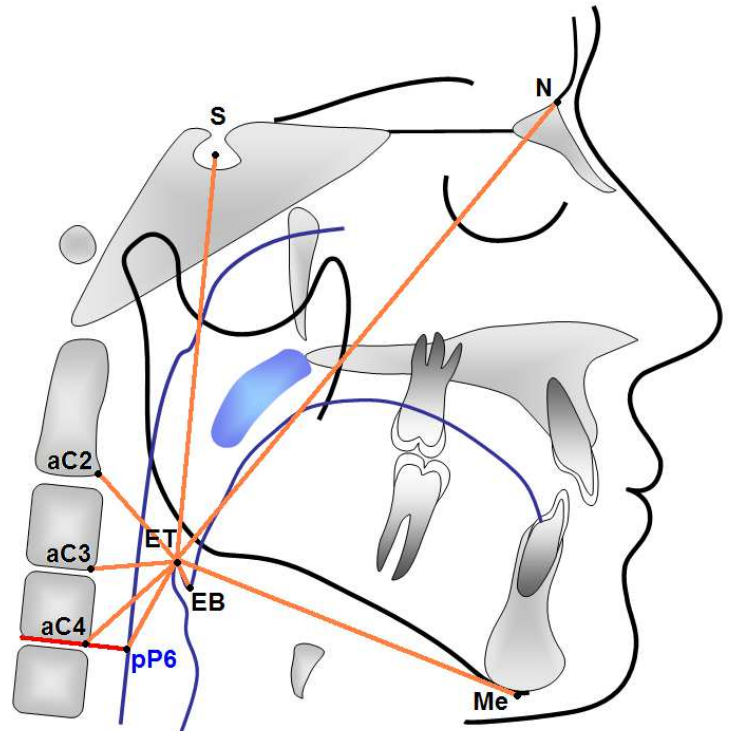


Abbildung 19: Streckenmessung ET

Es werden 3 Winkel am epiglottis tip ermittelt:

- Go-Me-ET
- N-S-ET
- SPA-SPP-ET

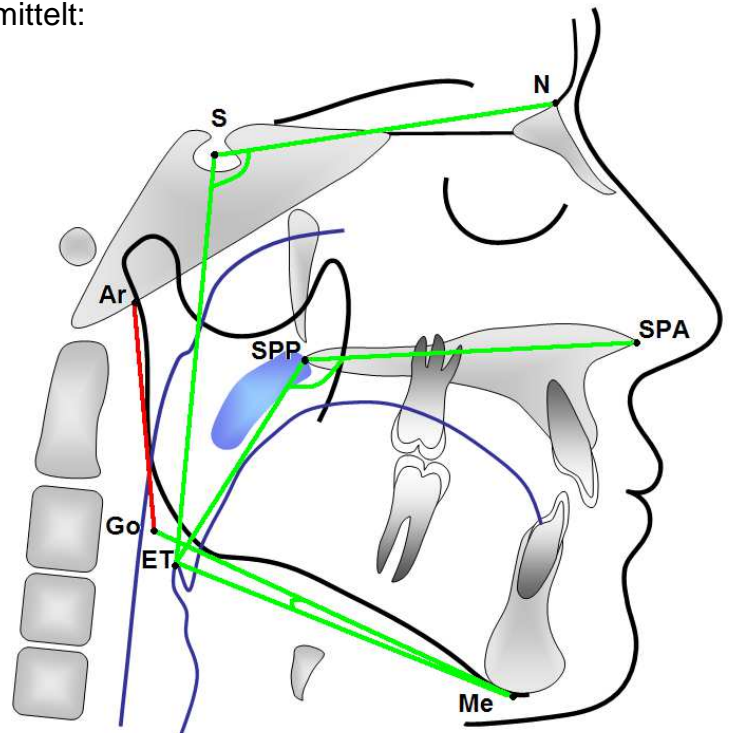


Abbildung 20: Winkelmessung ET

### 3.3.1.2.4. Vermessung des Hyoids

Für die Vermessung des Hyoids wird folgender Referenzpunkt des FRS in der Median-Sagittalebene verwendet:

**H** → Hyoid; kranioventrale Spitze des Corpus ossis hyoidei

Am Hyoid ergeben sich folgende Streckenmessungen in mm:

- H-aC2**
- H-aC3**
- H-aC4**
- H-S**
- H-N**
- H-Me**
- H-Go**

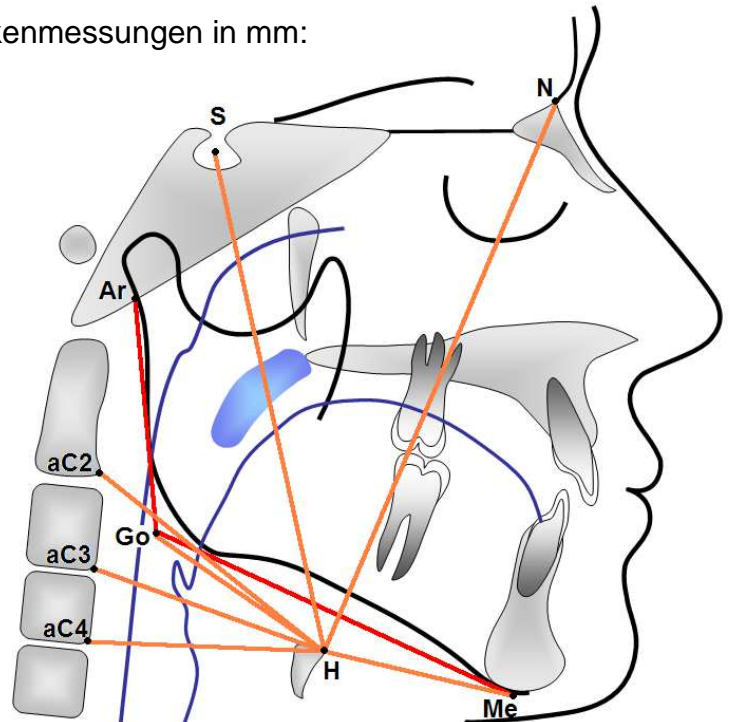


Abbildung 21: Streckenmessung Hyoid

Es werden folgende Winkel am Hyoid ermittelt:

- N-S-H**
- SPA-SPP-H**
- Me-Go-H**

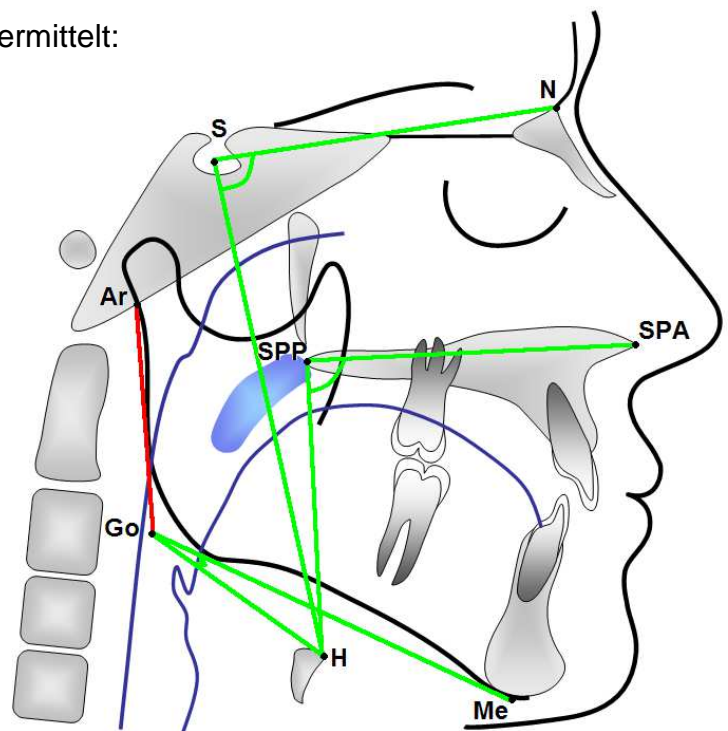


Abbildung 22: Winkelmessung Hyoid

### 3.4. Analysemethodik und Messergebnisse

Die statistische Auswertung aller erhobenen und über Excel tabellarisch festgehaltenen Daten erfolgt über SPSS für Windows (Version 18.0, SPSS Inc., USA), wobei für die Variablen Mittelwert (MW), Standardabweichung (StaAbw), Standardfehler des Mittelwerts, Median, Minimum, Maximum, Signifikanzniveau ( $p$ ) und Korrelationskoeffizient ( $r$ ) bestimmt werden.

#### 3.4.1. Angewandte statistische Methoden

Zunächst erfolgt die Überprüfung der kontinuierlichen Variablen hinsichtlich ihrer Normalverteilung über den Kolmogorov-Smirnov-Test, wobei bei einem Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  keine Normalverteilung und bei einem Signifikanzniveau von  $p \geq 0,05$  eine Normalverteilung angenommen wird. Dabei werden alle Parameter zum Zeitpunkt T1, zum Zeitpunkt T2 und die Differenz aus T2 und T1 auf Normalverteilung getestet (Anhang, Tabelle 1-2). Sofern eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung besteht, werden im weiteren Verlauf nichtparametrische Tests für die entsprechende Variable verwendet. Sofern die Werte in einem direkten Zusammenhang zueinander im Sinne einer vergleichenden prä- und posttherapeutischen Messung stehen, liegen verbundene Stichproben vor. Werden verschiedene Behandlungsgruppen miteinander verglichen, liegen hingegen unabhängige Stichproben vor.

Folgende Testverfahren werden angewandt:

	<b>Normalverteilung</b>	<b>keine Normalverteilung</b>
<b>verbundene Stichproben</b>	t-Test für gepaarte Stichproben (lineare Messwiederholungen)	Wilcoxon-Test (Friedmann-Test)
<b>unabhängige Stichproben</b>	t-Test (ANOVA)	Mann-Whitney-U-Test (H-Test nach Kruskal/Wallis)

Bei mehr als 2 Stichproben werden die umklammerten Testverfahren angewandt.

Die Grafiken wurden ebenfalls über SPSS erstellt, wobei bei normalverteilten Stichproben Fehlerbalken verwendet wurden, bei denen als Streumaß die Standardfehler aufgeführt werden. Bei nicht normalverteilten Stichproben werden Boxplots verwendet, in denen die Boxen den Median sowie die 25.-75. Perzentile darstellen, während über die T-Balken die Minima und Maxima aufgeführt sind. Ausreißer im Sinne von Werten, die 1,5 – 3 Boxlängen außerhalb der Box liegen, werden grafisch als Kreise dargestellt, wohingegen Extrema mit mehr als 3 Boxlängen außerhalb der Box als Kreuze gekennzeichnet sind.

### 3.4.2. Signifikanzniveau

Signifikanz im Sinne der Wahrscheinlichkeit, dass tatsächlich ein Unterschied zwischen 2 gemessenen Variablen vorliegt, besteht immer dann, wenn der p-Wert  $< 0,05$  ist. Dabei gilt, dass das Ergebnis der statistischen Berechnung umso signifikanter ist, je geringer der p-Wert ausfällt.

Dieser Studie liegt folgende Beurteilung der Signifikanzniveaus zugrunde:

$p \geq 0,05$  → nicht signifikant

$p < 0,05$  → signifikant

$p \leq 0,01$  → sehr signifikant

$p \leq 0,001$  → höchst signifikant

Während signifikante Ergebnisse mit roter Schrift gekennzeichnet werden, werden grenzwertig signifikante Werte mit p kurz oberhalb 0,05 in blau gekennzeichnet. Die blau gekennzeichneten Werte werden dabei nicht als signifikant gewertet, sondern als Trend interpretiert. Bei allen durchgeführten Tests erfolgte eine zweiseitige Signifikanzüberprüfung, wobei SPSS Ergebnisse, die  $< 0,001$  sind, als ,000 angibt.

### 3.4.3. Analysesystematik und Zielsetzung

Die Durchführung der statistischen Auswertung lässt sich in folgende aufeinander aufbauende Schritte gliedern:

#### **T1 vs. T2:**

Nach erfolgter Durchführung der Normalverteilungstests werden zunächst alle Parameter des aus 100 Patienten bestehenden Pools im Vergleich T1 zu T2, unabhängig ihrer Zugehörigkeit zu einer bestimmten Patientengruppe analysiert. Dabei werden Mittelwerte, Standardabweichungen, Standardfehler der Mittelwerte, Median, Minimum, Maximum und Perzentile sowie anschließend das Signifikanzniveau aus T1-T2 bestimmt. Das Ziel ist die Feststellung, ob ein signifikanter, therapeutischer Effekt während der Behandlung im Gesamtkollektiv oder wachstumsbedingte Veränderungen erzielt werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in den Ergebnis-Tabellen im Anhang für alle Parameter jeweils hier nur Mittelwerte (T1 und T2), Standardabweichungen (T1 und T2), die Differenz der Mittelwerte und das Signifikanzniveau aufgeführt.

#### **PG1 vs. PG2:**

Im nächsten Schritt werden die beiden Patientengruppen PG1 (konventionelle GNE) und PG2 (Hybrid-GNE) miteinander verglichen. Dabei erfolgt die statistische Auswertung nicht über eine Analyse der tatsächlich gemessenen Werte, sondern über eine Untersuchung der ermittelten Differenzen zwischen T2 und T1 pro Gruppe. Dadurch werden die Effekte (T1-T2) während der Behandlung zwischen den beiden Patientengruppen verglichen und signifikante Unterschiede dargestellt. Neben Median, Extrema, Standardfehler des Mittelwertes werden pro Hauptgruppe für alle Parameter die Differenz der Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung bestimmt. Sofern positive Werte aus den Differenzen (T1-T2) resultieren, liegt eine Abnahme der linearen und angulären Messwerte im Rahmen der durchgeführten Therapie vor. Bei negativen Werten liegt eine Zunahme der Messwerte zwischen der prätherapeutischen und posttherapeutischen Messung (T1-T2) vor.

Zusätzlich wird das gruppeninterne „intra“-Signifikanzniveau bestimmt. Dieses „intra“-Signifikanzniveau ermöglicht hierbei die Beurteilung eines durch die Therapie mit der jeweiligen GNE-Art induzierten Behandlungs,- bzw. Wachstumseffekts innerhalb des Zeitraums T1 bis T2. Anschließend erfolgt die Bestimmung des „inter“-

Signifikanzniveaus zwischen beiden Hauptgruppen. Das für jeden Parameter ermittelte „inter“-Signifikanzniveau definiert zusätzlich das Vorliegen eines signifikanten, unterschiedlichen Effekts im Vergleich zwischen dentaler und Hybrid-GNE. Sofern das jeweilige Signifikanzniveau bei  $<0,05$  liegt, besteht ein Unterschied zwischen den Patienten der beiden Hauptgruppen.

In den Ergebnistabellen werden auch hier aus Gründen der Übersichtlichkeit die Differenz der Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung, das „intra“-Signifikanzniveau pro Hauptgruppe und das „inter“-Signifikanzniveau aufgeführt.

### **PG1(I) vs. PG2(I):**

Nach dem Vergleich der beiden Hauptgruppen untereinander erfolgt im nächsten Schritt eine Subunterteilung der jeweiligen Hauptgruppen bezüglich der Zugehörigkeit zur skelettalen Klasse I und skelettalen Klasse III. Auch hier erfolgen wieder die Ermittlung der Differenz der Mittelwerte aus T1 und T2 sowie die dazugehörige Standardabweichung. Dabei werden die 32 Patienten der skelettalen Klasse I aus der Gruppe der konventionellen GNE (PG1(I)) mit denen der skelettalen Klasse I aus der Gruppe Hybrid-GNE (PG2(I)) verglichen und dabei sowohl „intra“ als auch „inter“ signifikante Unterschiede dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auch hier auf die tabellarische Auflistung der Extrema, des Medians und der Standardfehler des Mittelwertes im Anhang verzichtet.

### **PG 1(III) vs. PG2(III):**

In Analogie des Vergleichs PG1(I) vs. PG2(I) werden auch die jeweils 18 Patienten mit skelettaler Klasse III aus beiden Hauptgruppen miteinander verglichen.

Da während der statistischen Auswertung T1-T2 gerechnet wurde, gilt für die Tabellen im Anhang, dass negative Werte einer Zunahme und positive Werte einer Abnahme entsprechen. In der Beschreibung aller Ergebnisse wurde der Übersicht halber ein Vorzeichenwechsel der gemessenen Werte vorgenommen, so dass negative Werte für eine Abnahme und positive Werte für eine Zunahme stehen.

### 3.4.4. Korrelationskoeffizient

Auf Basis der erfolgten statistischen Parameteranalyse der Patientengruppen erfolgt im nächsten Schritt die Korrelationsanalyse. Dabei werden 2 Parameter auf ihren linearen Zusammenhang hin untersucht und statistisch gegeneinander aufgestellt. Ziel ist die Feststellung, ob innerhalb des Untersuchungszeitraumes eine Korrelation zwischen Maxilla bzw. Mandibula im Sinne eines skelettalen Effekts und dem Pharynx im Sinne eines Effekts auf die Weite des pharyngealen Luftweges besteht. Daher werden die Parameter von Maxilla und Mandibula gegen die Pharynxstrecken aufgetragen, wobei dies sowohl für die einzelnen Patientengruppen als auch für die Untergruppen erfolgt.

Der Korrelationskoeffizient nach Pearsson wird bei zwei normalverteilten Stichproben verwendet, während bei nicht normalverteilten Stichproben die Rangkorrelation nach Spearmans Rho angewandt wird.

Sofern ein positiver Korrelationskoeffizient vorliegt, kann von einem linearen Zusammenhang ausgegangen werden, bei einem negativen Korrelationskoeffizienten liegt ein antiproportionaler Zusammenhang zwischen den Variablen vor.

Die Korrelationskoeffizienten können folgendermaßen interpretiert werden:

$r < 0,2$	→ sehr geringe Korrelation
$r = 0,2 - 0,5$	→ geringe Korrelation
$r = 0,5 - 0,7$	→ mittlere Korrelation
$r = 0,7 - 0,9$	→ hohe Korrelation
$r > 0,9$	→ sehr hohe Korrelation

Ab einem Korrelationskoeffizienten von  $r > \pm 0,5$  mit einem Signifikanzniveau von  $p < 0,5$  kann von einem starken Zusammenhang der Variablen ausgegangen werden, so dass entsprechende Korrelationen und Signifikanzen rot gekennzeichnet werden.



### 3.4.5. Methodenfehler

Zur Bestimmung der Messgenauigkeit wird der Methodenfehler nach DAHLBERG [10] mit folgender Formel bestimmt:

$$MF = \sqrt{(\sum d^2 / 2n)}$$

Dabei werden die Variablen der Gleichung folgendermaßen definiert:

d = Differenz zwischen 2 Messergebnissen

n = Anzahl der Zweifachmessungen

Für die Bestimmung des Methodenfehlers werden die Pharynxstrecken von 10 zufällig ausgewählten Patienten aus dem Pool mindestens 2 Wochen nach der ersten Messung erneut vermessen. Der Methodenfehler liegt hierbei bei 0,91mm.

## 4. ERGEBNISSE

Alle Ergebnistabellen werden aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang aufgeführt. Auf Basis der tabellarischen Zusammenfassung erfolgt die deskriptive Auswertung der Ergebnisse.

### 4.1. Strukturen des Schädels

#### 4.1.1. Maxilla

##### Gesamtkollektiv

→ Anhang, Tabelle 3

Eine signifikante vertikale Längenzunahme der Maxilla ist sowohl bei der Strecke N-SPA um 3,34% mit durchschnittlich 1,49mm ( $p=0,000$ ) als auch bei der Strecke N-SPP um 2,17% mit 1,37mm ( $p=0,002$ ) während der Behandlung im Gesamtkollektiv zu verzeichnen.

Im Gesamtkollektiv zeigt sich eine signifikante Lageveränderung des Oberkiefers im Sinne einer ventralen Verlagerung durch die durchschnittliche Zunahme des SNA-Winkels um  $0,61^\circ$  ( $p=0,007$ ) sowie eine sagittale Längenzunahme durch die durchschnittliche Abnahme des Ba-S-SPP-Winkels um  $1,67^\circ$  ( $p=0,000$ ).

Des Weiteren erfolgt während der Behandlung eine signifikante anteriore Neigung der Maxilla durch die Zunahme des Winkels SN/PE um durchschnittlich  $0,89^\circ$  ( $p=0,001$ ) im Gesamtkollektiv, die auch durch die Zunahme des Winkels SPP-SPA-BaN um durchschnittlich  $0,98^\circ$  wiedergespiegelt wird ( $p=0,000$ ).

Es finden weder im Gesamtkollektiv noch in den Haupt- und Untergruppen signifikante Änderungen am Winkel SN/OE statt.

##### Hauptgruppen

→ Anhang, Tabelle 5

Signifikante Unterschiede bezüglich der Vertikaldistanzen S-SPA ( $p\text{-inter}=0,000$ ) und S-SPP ( $p\text{-inter}=0,006$ ) können zwischen den beiden Hauptgruppen ermittelt werden, wobei beide Streckenlängen bei der Gruppe „GNE dental“ während der Behandlung abnehmen (S-SPA= $-0,93\text{mm}\pm 4,83\text{mm}$ ) (S-SPP= $-0,79\text{mm}\pm 3,07\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,075$ ), während sie bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ beide mit höchster Signifikanz zunehmen (S-SPA= $2,15\text{mm}\pm 3,90\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,000$ ) (S-SPP= $1,12\text{mm}\pm 2,09\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,000$ ).

In Analogie zu den Strecken S-SPA und S-SPP kann auch an der Strecke Ba-SPP ein Effekt dokumentiert werden, da Ba-SPP bei der Gruppe „GNE dental“ ( $p$ -intra=0,009) abnimmt, während er bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ zunimmt ( $p$ -inter=0,030). Der Winkel Ba-S-SPP nimmt bei beiden Hauptgruppen während der Behandlung signifikant ab (GNE dental  $p$ -intra=0,000) (Hybrid-GNE  $p$ -intra=0,005), wobei hier jedoch zwischen den Gruppen keine Signifikanzen zu verzeichnen sind ( $p$ -inter=0,115).

Während die Zunahme der Strecke N-SPA bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $1,47\text{mm} \pm 3,58\text{mm}$  ( $p$ -intra=0,005) und der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit  $1,52\text{mm} \pm 2,96\text{mm}$  ( $p$ -intra=0,001) fast gleich stark ausgeprägt ist, erfährt die Strecke N-SPP bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ eine mit  $2,00\text{mm} \pm 3,31\text{mm}$  ( $p$ -intra=0,000) eine um den Faktor 2,6 stärkere Längenzunahme als bei der Gruppe „GNE dental“. Im Zusammenhang mit der oben beschriebenen Abnahme der Strecke Ba-SPP bei Patienten mit dentaler GNE und gleichzeitiger Zunahme der Strecke N-SPA kann unter Annahme der konstanten Lage der Bezugspunkte „N“ und „Ba“ hierbei von einer anterioren Neigung der Maxilla ausgegangen werden.

Während der SNA-Winkel bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $-0,12^\circ \pm 2,02^\circ$  ( $p$ -intra=0,026) im Sinne einer signifikanten minimalen dorsalen Maxillaverlagerung nur geringfügig abnimmt, nimmt er bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit  $1,30^\circ \pm 2,05^\circ$  ( $p$ -intra=0,009) im Sinne einer ventralen Maxillaverlagerung signifikant zu ( $p$ -inter=0,001), wobei dies durch die analogen Veränderungen am SN-SPA-Winkel bestätigt wird ( $p$ -inter=0,008).

Beide Gruppen erfahren zusätzlich eine signifikante anteriore Neigung der Maxilla ( $p < 0,001$ ), wobei diese bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $\text{SPP-SPA-BaN} = 1,85^\circ \pm 2,37^\circ$  ( $p$ -intra=0,000) signifikant stärker ausgeprägt ist als bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit  $\text{SPP-SPA-BaN} = 0,12^\circ \pm 1,73^\circ$  ( $p$ -intra=0,515). Auch aus dem Winkel SN/PE werden analoge Ergebnisse bezüglich der signifikanten, anterioren Neigung der Maxilla ( $p$ -inter=0,001) ersichtlich, die bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $1,76^\circ \pm 2,93^\circ$  ( $p$ -intra=0,000) signifikant stärker ausgeprägt ist als bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit  $0,01^\circ \pm 2,13^\circ$  ( $p$ -intra=0,971).

Untergruppen skelettale Klasse I

→ Anhang, Tabelle 7

Beim Vergleich der Untergruppen mit skelettaler Klasse I aus beiden Hauptgruppen lässt sich derselbe signifikante Unterschied bezüglich der Vertikaldistanzen wie bei den Hauptgruppen feststellen, da auch bei der Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse I hier die Strecken S-SPA ( $p\text{-inter}=0,006$ ) und S-SPP ( $p\text{-inter}=0,018$ ) abnehmen, während sie bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit skelettaler Klasse I mit jeweils ausgeprägter Signifikanz (S-SPA  $p\text{-intra}=0,002$  und S-SPP  $p\text{-intra}=0,004$ ) zunehmen. In Analogie zu den Ergebnissen an N-SPA und N-SPP nehmen auch diese Strecken bei Patienten mit Hybrid-GNE (N-SPA= $1,34\text{mm}\pm 2,72\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,009$ ) (N-SPP= $1,50\text{mm}\pm 2,68\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,004$ ) signifikant zu, obwohl zwischen den beiden Untergruppen keine signifikanten Unterschiede bestehen.

Ebenfalls nimmt die Strecke Ba-SPP bei der Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse I um  $2,60\text{mm}\pm 3,95\text{mm}$  ab ( $p\text{-intra}=0,002$ ), während sie bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit skelettaler Klasse I um  $0,52\text{mm}\pm 2,86\text{mm}$  zunimmt ( $p\text{-intra}=0,507$ ) ( $p\text{-inter}=0,003$ ).

Unabhängig von der GNE erfolgt in beiden Untergruppen eine jeweils innerhalb nicht-signifikante, jedoch bei Patienten mit skelettaler Klasse I und Hybrid-GNE stärker ausgeprägte Zunahme des SNA-Winkels ( $p\text{-inter}=0,001$ ), so dass hier eine prognathe Maxillaverlagerung erfolgt. Der Winkel Ba-S-SPP nimmt mit höchster Signifikanz hingegen bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $-2,89\%\pm 4,10^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) ab.

Die anteriore Neigung der Maxilla repräsentiert durch den SN/PE-Winkel mit  $p\text{-inter}=0,038$  und durch den Winkel SPP-SPA-BaN mit  $p\text{-inter}=0,003$  erfolgt ähnlich dem Hauptgruppenvergleich bei Patienten der Gruppe „GNE dental“ (SN/PE  $p\text{-intra}=0,004$ , SPP-SPA-BaN  $p\text{-intra}=0,000$ ) in stärkerem Ausmaß als bei Patienten mit Hybrid-GNE.

### Untergruppen skelettale Klasse III

→ Anhang, Tabelle 9

Beim Vergleich der Untergruppen mit skelettaler Klasse III lässt sich bei der Strecke S-SPA eine nicht-signifikante Abnahme bei der Gruppe „GNE dental“ ( $-0,03\text{mm} \pm 5,28\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,981$ ) verzeichnen, während S-SPA bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ signifikant zunimmt ( $3,20\text{mm} \pm 5,48\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,024$ ) ( $p\text{-inter}=0,018$ ). Analog der Ergebnisse bei den Untergruppen mit skelettaler Klasse I weisen auch bei Patienten mit skelettaler Klasse III und Hybrid-GNE die Strecken S-SPP ( $p\text{-intra}=0,049$ ), N-SPA ( $p\text{-intra}=0,035$ ) und N-SPP ( $p\text{-intra}=0,009$ ) jeweils signifikante Längenzunahmen auf. Lediglich die Strecke N-SPA mit  $+2,31\text{mm} \pm 3,61\text{mm}$  ist auch bei der Gruppe „GNE dental“ signifikant ( $p\text{-intra}=0,015$ ). An der Strecke Ba-SPP lassen sich keine signifikanten Veränderungen dokumentieren.

Während zwischen den Untergruppen keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen sind ( $p\text{-inter}=0,980$ ), nimmt der Winkel SNA bei Klasse-III-Patienten und Hybrid-GNE um  $2,17^\circ \pm 1,79^\circ$  mit einer Signifikanz von  $p\text{-intra}=0,001$  zu, was auf eine prognathe Maxillaverlagerung schließen lässt. Der SN-SPA-Winkel ( $p\text{-inter}=0,001$ ) nimmt bei Patienten mit skelettaler Klasse III aus der Gruppe „GNE dental“ im Sinne einer Verlagerung der Maxilla nach dorsal um  $1,93^\circ \pm 2,57^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,006$ ) ab, während er bei Patienten mit skelettaler Klasse III aus der Gruppe „Hybrid-GNE“ um  $1,35^\circ \pm 2,89^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,063$ ) im Sinne einer prognathen Maxillaverlagerung zunimmt. Gleichzeitig kann die Abnahme des Winkels Ba-S-SPP ( $p\text{-intra}=0,002$ ) bei „Hybrid-GNE“ und skelettaler Klasse III als nach dorsal ausgerichtete Streckung der Maxilla interpretiert werden.

Der Vergleich der beiden Untergruppen mit skelettaler Klasse III liefert dem Vergleich der Untergruppen mit skelettaler Klasse I ähnliche Ergebnisse bezüglich der anterioren Neigung der Maxilla, was durch die Signifikanzen der Winkel SPP-SPA-BaN mit  $p\text{-inter}=0,011$  und SN/PE mit  $p\text{-inter}=0,011$  ersichtlich wird. Die anteriore Neigung der Maxilla erfolgt bei Patienten mit skelettaler Klasse III der Gruppe „GNE dental“ (SPP-SPA-BaN= $2,12\text{mm} \pm 2,86\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,012$ ) (SN/PE= $2,54\text{mm} \pm 3,68\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,010$ ) in stärkerem Ausmaß als bei Patienten aus der Gruppe „Hybrid-GNE“, bei denen die Ergebnisse hier nicht signifikant sind.

#### 4.1.2. Mandibula

##### Gesamtkollektiv

→ Anhang, Tabelle 3

Alle an der Mandibula gemessenen Strecken erfahren während der Therapie im Gesamtkollektiv eine signifikante Längenzunahme, wobei diese bei den Strecken N-Pog mit 3,42%, N-Me mit 3,2% und der vorderen Gesichtshöhe N-Gn mit 3,18% am ausgeprägtesten ist.

		ØT1	±StaAbw T1	ØT2	±StaAbw T2	T1-T2	p
<b>S-Go</b>	mm	71,95	6,56	73,98	7,37	-2,03	<b>0,000</b>
<b>N-Gn</b>	mm	105,87	9,40	109,24	10,37	-3,37	<b>0,000</b>
<b>N-Me</b>	mm	106,75	9,42	110,17	10,46	-3,42	<b>0,000</b>
<b>N-Pog</b>	mm	102,36	9,19	105,87	10,06	-3,50	<b>0,000</b>
<b>Ba-Pog</b>	mm	101,20	8,46	102,55	10,34	-1,35	<b>0,035</b>
<b>Cod-Pog</b>	mm	104,74	8,25	106,37	10,16	-1,63	<b>0,014</b>

Während der SNB-Winkel eine signifikante Abnahme um 0,66° während der Behandlung und die Mandibula somit eine geringfügige retrognathe Verlagerung erfährt, nimmt der Winkel SN/ME um 1,33° mit einer Signifikanz von p=0,000 zu.

Der durchschnittliche ANB-Wert aller 100 Patienten liegt prätherapeutisch bei 0,74°±3,05° mit einem Median von 0,82° bei einem Minimum von -7,35° und Maximum von 7,70° sowie posttherapeutisch durchschnittlich bei 1,35°±2,97° mit einem Median von 1,45° bei einem Minimum von -6,35° und Maximum 8,45°, so dass es während des untersuchten Zeitraumes zu Veränderungen kommt, die eine neutralbasale Kieferrelation zur Folge haben. Generell nimmt der Summenwinkel von 391,77°±6,48° auf 393,10°±6,63° um 1,33° (p=0,000) im Sinne eines clockwise-Wachstumsmusters zu.

### Hauptgruppen

→ Anhang, Tabelle 5

Ähnlich der Ergebnisse am Gesamtkollektiv nehmen auch fast alle Strecken bei den Hauptgruppen signifikant zu. Dabei erfährt die Gruppe „Hybrid-GNE“ insgesamt eine stärkere, jeweils höchst signifikante Wachstumstendenz bei S-Go mit  $2,98\text{mm} \pm 4,44\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), N-Gn mit  $4,43\text{mm} \pm 5,45\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), N-Me mit  $4,35\text{mm} \pm 5,47\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), N-Pog mit  $4,52\text{mm} \pm 5,54\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), Ba-Pog mit  $3,10\text{mm} \pm 4,90\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) und Cod-Pog mit  $3,13\text{mm} \pm 4,99\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), während bei der Gruppe „GNE dental“ im Vergleich zur Gruppe „Hybrid-GNE“ die Strecke S-Go um 63,74% ( $p\text{-inter}=0,047$ ), die Strecke Cod-Pog um 95,98% ( $p\text{-inter}=0,015$ ) weniger zunimmt und die Strecke Ba-Pog sogar um  $0,40\text{mm} \pm 7,10\text{mm}$  ( $p\text{-inter}=0,009$ ) abnimmt. Innerhalb der Gruppe „GNE dental“ sind hier nur die Strecken der vorderen Gesichtshöhe N-Gn, N-Me und N-Pog signifikant.

In Bezug zur Einlagerung der Mandibula zur Schädelbasis wird die Mandibula nur bei Patienten mit dental verankerter GNE geringfügig um  $\text{SNB} = -1,14^\circ \pm 3,06^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,011$ ) nach dorsal verlagert.

Bei beiden Hauptgruppen nimmt der ANB-Winkel zu, wobei die Gruppe „Hybrid-GNE“ mit einer Zunahme von  $1,14^\circ \pm 2,15^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,001$ ) eine deutlich signifikantere Änderung ( $p\text{-inter}=0,013$ ) als die Gruppe „GNE dental“ mit einer nicht-signifikanten Zunahme von  $0,07^\circ \pm 2,08^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,743$ ) erfährt, so dass bei der Hybrid-GNE stärkere Effekte auf die sagittale, skelettale Kieferrelation zu verzeichnen sind. Innerhalb der Gruppe „Hybrid-GNE“ kommt es zu einer geringfügigen Öffnung der vertikalen, basalen Kieferrelation mit  $\text{PE/ME} = 0,84^\circ \pm 1,97^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,004$ ), während sich dieser Winkel bei der Gruppe „GNE dental“ kaum und nicht signifikant ändert ( $p\text{-inter}=0,026$ ).

Im Vergleich zwischen den Hauptgruppen lässt sich eine pro Gruppe signifikante Zunahme des Winkels SN/ME feststellen, die jedoch bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $1,81^\circ \pm 3,53^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,001$ ) mehr als doppelt so stark ausgeprägt ist wie bei der Gruppe „Hybrid-GNE“.

Auch der Summenwinkel nimmt bei der Gruppe „GNE dental“ um  $1,81^\circ \pm 3,53^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,001$ ) stärker zu als bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit  $0,85^\circ \pm 2,36^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,014$ ) ( $p\text{-inter}=0,112$ ). Gleichzeitig ist die Zunahme des Winkels S-Ar-Go bei der Gruppe „GNE dental“ um  $1,39^\circ \pm 4,77^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,045$ ) zu verzeichnen.

Untergruppen skelettale Klasse I

→ Anhang, Tabelle 7

Analog der höchst signifikanten Ergebnisse ändern sich auch bei Patienten mit skelettaler Klasse I die gemessenen Strecken am Unterkieferkörper höchst signifikant. So nehmen bei Patienten mit skelettaler Klasse I aus der Gruppe „Hybrid-GNE“ die Strecken S-Go mit  $2,98\text{mm} \pm 4,13$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), N-Gn mit  $4,05\text{mm} \pm 4,39\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), N-Me mit  $4,05\text{mm} \pm 4,39\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), N-Pog mit  $3,97\text{mm} \pm 3,69\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ), Ba-Pog mit  $3,11\text{mm} \pm 3,69\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) und Cod-Pog mit  $2,89\text{mm} \pm 3,85\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) signifikant zu, während im Vergleich die Strecke S-Go bei Patienten mit skelettaler Klasse I aus der Gruppe „GNE dental“ nur geringfügig zunimmt ( $p\text{-inter}=0,018$ ) und die Strecken Ba-Pog mit  $-1,52\text{mm} \pm 6,26\text{mm}$  ( $p\text{-inter}=0,003$ ) und Cod-Pog mit  $-1,03\text{mm} \pm 6,83\text{mm}$  ( $p\text{-inter}=0,005$ ) sogar abnehmen. Es sind innerhalb der Untergruppen mit skelettaler Klasse I neben dem SNB-Winkel auch wie zu erwarten keine Änderungen am ANB-Winkel festzustellen.

Während die Gruppe „Hybrid-GNE“ mit skelettaler Klasse I hier keine Effekte hat, nimmt der Winkel SN/ME im Sinne einer anterioren Neigung der Mandibula bei der Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse I um  $1,5^\circ \pm 3,73^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,030$ ) zu.

Zusätzlich nimmt bei der Gruppe „GNE dental“ der Summenwinkel um  $1,50^\circ \pm 3,73^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,030$ ) sowie der Winkel S-Ar-Go um  $1,97^\circ \pm 5,38^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,047$ ) zu.

Untergruppen skelettale Klasse III

→ Anhang, Tabelle 9

Ähnlich der Ergebnisse bei der Untergruppe mit skelettaler Klasse I erfolgt auch bei der Gruppe mit skelettaler Klasse III und „Hybrid-GNE“ an allen gemessenen Strecken an der Mandibula eine tendenzielle bis höchst signifikante Zunahme im Sinne eines skelettalen Wachstums. Auffällig ist weiterhin, dass - im Gegensatz zur Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse I – hier bei der skelettalen Klasse III an den Strecken N-Gn ( $p\text{-intra}=0,020$ ), N-Me ( $p\text{-intra}=0,015$ ) und N-Pog ( $p\text{-intra}=0,023$ ) eine Längenzunahme der Strecken zu verzeichnen ist.

Analog der Ergebnisse des Hauptgruppenvergleichs nehmen der SNB-Winkel um  $-2,13^\circ \pm 3,07^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,00$ ) und der SN-Pog-Winkel um  $-1,64^\circ \pm 3,26^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,048$ ) bei mit dentaler GNE therapierten Patienten ab.



Ähnlich dem Hauptgruppenvergleich nimmt der ANB-Winkel bei Patienten mit skelettaler Klasse III der Gruppe „Hybrid-GNE“ während der Therapie höchst signifikant um  $2,77^{\circ} \pm 1,70^{\circ}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) zu, während dieser Effekt bei Patienten mit dentaler GNE um den Faktor 3,61 geringer ist und hier nur als Trend zu interpretieren ist ( $0,77^{\circ} \pm 1,95^{\circ}$ ,  $p\text{-intra}=0,058$ ) ( $p\text{-inter}=0,002$ ), so dass der Effekt hin zu einer neutralbasalen, sagittalen Kieferrelation bei Patienten mit Hybrid-GNE stärker ausgeprägt ist als bei Patienten mit dentaler GNE.

Im Gegensatz zu Patienten mit skelettaler Klasse I wird bei Patienten mit skelettaler Klasse III und Hybrid-GNE eine Wirkung auf die basale, vertikale Kieferrelation induziert, da der Winkel PE/ME bei Patienten mit Hybrid-GNE um  $1,51^{\circ} \pm 1,97^{\circ}$  ( $p\text{-intra}=0,005$ ) im Sinne einer Öffnung, der vertikalen, basalen Relation zunimmt und bei Patienten mit dentaler GNE nicht signifikant mit  $0,17^{\circ} \pm 1,67^{\circ}$  ( $p\text{-intra}=0,667$ ) fast konstant bleibt ( $p\text{-inter}=0,011$ ).

Innerhalb der Gruppe mit skelettaler Klasse III findet eine anterior-kaudale Neigung der Mandibula statt, die bei den Patienten mit dental verankerter GNE mit  $SN/ME=2,37^{\circ} \pm 3,17^{\circ}$  ( $p\text{-intra}=0,006$ ) stärker ausgeprägt ist, als bei denjenigen mit Hybrid-GNE ( $1,46^{\circ} \pm 1,93^{\circ}$ ,  $p\text{-intra}=0,005$ ) ( $p\text{-inter}=0,310$ ).

Wie innerhalb der Gruppe mit skelettaler Klasse I nimmt auch innerhalb der Gruppe mit skelettaler Klasse III der Summenwinkel bei den mit dental verankerter GNE therapierten Patienten um  $2,37^{\circ} \pm 3,17^{\circ}$  ( $p\text{-intra}=0,006$ ) und der Winkel N-S-Ar um  $1,87^{\circ} \pm 3,27^{\circ}$  ( $p\text{-intra}=0,027$ ) zu.

### 4.1.3. Dentoalveolär

#### Gesamtkollektiv

→ Anhang, Tabelle 3

Während der Therapie mit der GNE erfahren sowohl die OK 6er eine Mesialisierung um 1,05mm ( $p=0,000$ ) als auch die UK 6er um 1,24mm ( $p=0,002$ ) im Gesamtkollektiv. Des Weiteren erfolgt zum einen eine Reklination der OK 1er durch die Abnahme des OK1-SN-Winkels um  $1,94^\circ$  ( $p=0,024$ ) während der Therapie als auch eine Proklination der UK 1er durch die Zunahme des UK1-ME-Winkels um  $1,48^\circ$  ( $p=0,027$ ). In diesem Zusammenhang nimmt der Overjet während der Behandlung von  $4,23\text{mm}\pm 2,64\text{mm}$  auf  $3,27\text{mm}\pm 1,81\text{mm}$  um  $0,96\text{mm}$  mit einer Signifikanz von  $p=0,001$  ab.

Der Overbite nimmt dabei um  $0,40\text{mm}$  ab ( $p=0,049$ ).

#### Hauptgruppen

→ Anhang, Tabelle 5

Die Lage der OK 1er ändert sich beim Vergleich der Hauptgruppen mäßig signifikant ( $p\text{-inter}=0,073$ ), wobei die OK 1er durch die dentale GNE eine Distalisierung von  $0,47\text{mm}\pm 3,87\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,334$ ) (Strecke OK1-PTV) und die OK 1er durch die Hybrid-GNE sogar eine geringfügige Mesialisierung um  $0,88\text{mm}\pm 3,79\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,201$ ) erfahren. Analog ändern die UK 1er mit einer mäßigen Signifikanz von  $p\text{-inter}=0,077$  ihre Lage zur PT-Senkrechten und werden durch die dentale GNE distalisiert, während sie durch die Hybrid-GNE mesialisiert werden.

Dabei werden die OK 1er bei Patienten mit dentaler GNE geringfügig prokliniert, während sie bei Patienten mit Hybrid-GNE (OK1-PE= $-2,27^\circ\pm 8,75^\circ$ ;  $p\text{-intra}=0,072$ ; OK1 auf SN= $-2,30^\circ\pm 9,08^\circ$ ;  $p\text{-intra}=0,080$ ) rekliniert werden (OK1-PE  $p\text{-inter}=0,073$ ). Die unteren Inzisivi werden gleichzeitig bei der Hybrid-GNE prokliniert (UK1-ME= $2,07^\circ\pm 7,19^\circ$ ;  $p\text{-intra}=0,047$ ).

Bei beiden Gruppen nimmt der Overjet ab, wobei zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen sind.

Analog der Ergebnisse im Gesamtkollektiv werden auch signifikant innerhalb der Untergruppen die oberen und - in stärkerem Ausmaß - die unteren 6-Jahres-Molaren mesialisiert, wobei hier zwischen den Hauptgruppen keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen sind.

### Untergruppen skelettale Klasse I

→ Anhang, Tabelle 7

Die Lage der oberen und unteren Inzisivi ändert sich beim Vergleich der Untergruppen mit skelettaler Klasse I im Unterschied zum Hauptgruppenvergleich höchst signifikant. Dabei werden die OK 1er bei der Gruppe mit dentaler GNE um  $0,78\text{mm} \pm 3,60\text{mm}$  distalisiert und bei der Gruppe mit Hybrid-GNE um  $1,04\text{mm} \pm 2,73\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,064$ ) mesialisiert ( $p\text{-inter}=0,026$ ), während durch die dentale GNE bei den UK 1ern eine Distalisierung um  $0,74\text{mm} \pm 3,62\text{mm}$  und durch die Hybrid-GNE eine signifikante Mesialisierung der UK 1er um  $1,12\text{mm} \pm 2,74\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,040$ ) stattfindet ( $p\text{-inter}=0,024$ ).

Ein weiterer Effekt innerhalb der Gruppe „GNE dental“ liegt in der geringfügigen Reklination der OK 1er bei Patienten mit skelettaler Klasse I ( $\text{OK1-PE} = -0,52^\circ \pm 8,77^\circ$ ;  $p\text{-intra}=0,742$ ), wobei dieser Effekt bei Patienten mit Hybrid-GNE der gleichen skelettalen Klasse deutlich stärker ausgeprägt und signifikant ist ( $\text{OK1-PE} = -5,02^\circ \pm 7,28^\circ$ ;  $p\text{-intra}=0,000$ ,  $p\text{-inter}=0,030$ ;  $\text{OK1-SN} = -5,09^\circ \pm 8,32^\circ$ ;  $p\text{-intra}=0,002$ ). Gleichzeitig kann man auch hier bei der Hybrid-GNE im Rahmen der Zunahme des UK-ML-Winkels von  $1,94^\circ \pm 7,44^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,150$ ) von einer geringfügigen Proklination der UK 1er ausgehen.

Ähnlich der Ergebnisse im Hauptgruppenvergleich nimmt der Overjet auch innerhalb der Untergruppe mit skelettaler Klasse I jeweils signifikant ab, bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ jedoch mit  $-1,99\text{mm} \pm 3,20\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,002$ ) doppelt so viel wie bei der Gruppe „GNE dental“.

Analog er Ergebnisse im Hauptgruppenvergleich werden auch signifikant innerhalb der Untergruppen mit skelettaler Klasse I die oberen und - in stärkerem Ausmaß - die unteren 6-Jahres-Molaren mesialisiert, wobei hier zwischen den Untergruppen keine signifikanten Unterschiede zu verzeichnen sind.

Untergruppen skelettale Klasse III

→ Anhang, Tabelle 9

Signifikante Ergebnisse bei der Gruppe der Patienten mit skelettaler Klasse III lassen sich am Overjet ( $p\text{-inter}=0,012$ ) verzeichnen, der während der Behandlung mit dentaler GNE um  $-0,82\text{mm}\pm 1,62\text{mm}$  tendenziell abnimmt, während er bei der Behandlung mit Hybrid-GNE um  $0,79\text{mm}\pm 1,64\text{mm}$  tendenziell zunimmt. Zusätzlich nimmt die Strecke OK6-PTV bei der Untergruppe „Hybrid-GNE“ mit skelettaler Klasse III um  $1,68\text{mm}\pm 3,41\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,052$ ) und bei der Gruppe „GNE dental“ mit entsprechender Klasse um  $1,73\text{mm}\pm 2,80\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,018$ ) zu.

**4.1.4. Zusatzmessungen**Gesamtkollektiv

→ Anhang, Tabelle 3

Im Gesamtkollektiv lässt sich sowohl eine höchst signifikante Zunahme des N-Ba-Pog-Winkels ( $p=0,000$ ) um  $1,81^\circ$  im Sinne eines Clock wise-Wachstumsmusters genauso wie eine höchst signifikante Zunahme des S-Ba-Pog-Winkels ( $p=0,000$ ) um  $1,46^\circ$  feststellen.

Hauptgruppen

→ Anhang, Tabelle 5

Bezüglich des N-Ba-Pog-Winkels lassen sich bei den Hauptgruppen analoge, signifikante Ergebnisse ( $p\text{-inter}=0,042$ ) wie im Gesamtkollektiv verzeichnen, wobei der Winkel bei Patienten mit dentaler GNE mit  $2,35^\circ\pm 3,08^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) fast doppelt so viel zunimmt wie bei Patienten mit Hybrid-GNE ( $1,28^\circ\pm 2,02^\circ$ ;  $p\text{-intra}=0,000$ ).

Zusätzlich erfolgt eine Abnahme der Distanz zwischen Kondylus und der Pterygoid-Senkrechten bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $-1,00\text{mm}\pm 2,66\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,011$ ), während diese Distanz bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ geringfügig mit  $0,67\text{mm}\pm 2,72\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,087$ ) zunimmt ( $p\text{-inter}=0,003$ ).

### Untergruppen skelettale Klasse I

→ Anhang, Tabelle 7

Analoge Ergebnisse bezüglich des N-Ba-Pog-Winkels und des S-Ba-Pog-Winkels lassen sich auch beim Vergleich der Untergruppen mit skelettaler Klasse I feststellen, da beide Winkel während der Therapie signifikant größer werden (dentale GNE: N-Ba-Pog= $2,49^{\circ} \pm 2,77^{\circ}$ ; p-intra=0,000; S-Ba-Pog= $2,31^{\circ} \pm 3,57^{\circ}$ ; p-intra=0,000) (Hybrid-GNE: N-Ba-Pog= $1,03^{\circ} \pm 2,10^{\circ}$ ; p-intra=0,010, p-inter=0,021; S-Ba-Pog= $0,85^{\circ} \pm 2,75^{\circ}$ ; p-intra=0,091, p-inter=0,118). Auch die Strecke Cod-PTV verändert sich, wobei hier insbesondere die Abnahme der Distanz Cod-PTV bei der Untergruppe Klasse I aus dem Pool der „GNE dental“ um  $-1,52\text{mm} \pm 2,46\text{mm}$  (p-intra=0,001) im Sinne einer Kondylus-Ventralverlagerung auffällt, wohingegen diese Strecke bei der gleichen Untergruppe mit Hybrid-GNE mit  $0,83\text{mm} \pm 2,50\text{mm}$  (p-intra=0,069) (p-inter=0,000) fast konstant bleibt.

### Untergruppen skelettale Klasse III

→ Anhang, Tabelle 9

Neben der Änderung des N-S-Ba-Winkels (p-inter=0,062), der nur bei Patienten mit dentaler GNE um  $1,84^{\circ} \pm 3,37^{\circ}$  (p-intra=0,034) zunimmt, weist der Winkel N-Ba-Pog innerhalb der beiden Untergruppen eine signifikante Zunahme auf, die jedoch im Vergleich zwischen den Gruppen als nicht-signifikant einzustufen ist. Der Winkel S-Ba-Pog nimmt ausschließlich bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ und skelettaler Klasse III signifikant mit  $1,77^{\circ} \pm 2,74^{\circ}$  (p-intra=0,014) zu. Es finden keine signifikanten Änderungen an der Strecke Cod-PTV statt.

## 4.2. Strukturen des Luftweges

### 4.2.1. Velum

→ Anhang, Tabellen 4, 6, 8, 10

Am Velum lassen sich keine signifikanten Änderungen während der Behandlung mit beiden Formen der GNE feststellen. So werden weder Effekte an den Strecken UV-LV und SPP-VT noch an der Fläche „velum area“ festgestellt.

### 4.2.2. Pharynx

#### Gesamtkollektiv

→ Anhang, Tabelle 4

Mit einer Signifikanz von  $p=0,008$  lässt sich eine deutliche Zunahme der Pharynxtiefe auf Höhe der kaudalen Kanten des 4. Halswirbels (Strecke P6) von  $14,33\text{mm}\pm 3,73\text{mm}$  auf  $15,25\text{mm}\pm 3,76\text{mm}$  verzeichnen, während die Pharynxstrecken P1 – P5 während der Therapie im Gesamtkollektiv fast konstant bleiben.

#### Hauptgruppen

→ Anhang, Tabelle 6

Obwohl keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Pharynxstrecken zwischen den beiden Hauptgruppen zu verzeichnen sind, lässt sich bei der Strecke P6 eine tendenziell ( $p\text{-inter}=0,185$ ) stärkere Zunahme der Pharynxtiefe bei Patienten mit dentaler GNE ( $1,31\text{mm}\pm 3,28\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,009$ ) als bei Patienten mit Hybrid-GNE ( $0,44\text{mm}\pm 2,93\text{mm}$ ) feststellen.

Auch bei der Pharynxstrecke P1 auf Höhe der Palatinalene erfolgt eine tendenzielle Abnahme dieser Distanz ( $p=0,156$ ) bei Patienten mit dentaler GNE um  $-0,93\text{mm}\pm 3,90\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,098$ ), wohingegen die Strecke bei Patienten mit Hybrid-GNE im Verlauf der Therapie fast konstant bleibt.

#### Untergruppen skelettale Klasse I

→ Anhang, Tabelle 8

Es lassen sich bei den Untergruppen mit skelettaler Klasse I keine signifikanten Änderungen an den Pharynxstrecken P1 – P6 feststellen.

### Untergruppen skelettale Klasse III

→ Anhang, Tabelle 10

Auffällig sind die Ergebnisse an den Pharynxstrecken P5 und P6. Hierbei nimmt die Pharynxtiefe P5 auf Höhe der kaudalen Kanten des 3. Halswirbels mit  $2,64\text{mm} \pm 4,17\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,019$ ) bei Patienten mit dentaler GNE 13x stärker zu als bei Patienten mit Hybrid-GNE um  $0,20\text{mm} \pm 3,62\text{mm}$  ( $p\text{-inter}=0,041$ ).

Ähnlich signifikant sind die Ergebnisse an der Pharynxstrecke P6 ( $p\text{-inter}=0,050$ ), wobei hier die Distanz bei Patienten mit dentaler GNE 5x stärker zunimmt ( $2,76\text{mm} \pm 3,50\text{mm}$ ) ( $p\text{-intra}=0,005$ ) als bei Patienten mit Hybrid-GNE der entsprechenden Untergruppe ( $0,55\text{mm} \pm 2,61\text{mm}$ ).

### **4.2.3. Epiglottis**

#### Gesamtkollektiv

→ Anhang, Tabelle 4

Während die Strecken zwischen der „epiglottis base“ und den anterioren, kaudalen Spitzen des 2.-3. Halswirbels (EB-aC2, EB-aC3 und EB-aC4) alle eine signifikante bzw. tendenzielle Längenzunahme während der Therapie erfahren, ändern sich die Streckenlängen zwischen „epiglottis tip“ und den entsprechenden Strukturen an der Halswirbelsäule nicht, was zum einen als eine Ventralverlagerung der Epiglottis und zum anderen als eine Verlängerung der Epiglottis interpretiert werden kann. Dies wird des Weiteren durch die mäßig signifikante Längenzunahme der Epiglottis ( $p=0,080$ ) von prä-  $9,67\text{mm} \pm 2,53\text{mm}$  auf  $10,15\text{mm} \pm 2,49\text{mm}$  posttherapeutisch erkenntlich, sowie durch die Zunahme der Strecke zwischen epiglottis tip und dem Punkt pP6 (Schnittpunkt der Gerade durch die kaudalen spitzen des 4. Halswirbels auf der Hinterwand des Pharynx) um durchschnittlich  $1,02\text{mm}$  ( $p=0,073$ ).

Während die Lage zwischen Epiglottis und Mandibula keine signifikanten Änderungen während der Therapie (Winkel Go-Me-EB und Go-Me-ET) aufweist, ändert sich die Lage zur Maxilla signifikant. So nimmt sowohl der Winkel SPA-SPP-EB um  $1,65^\circ$  ( $p=0,002$ ) und der Winkel SPA-SPP-ET um  $1,22^\circ$  ( $p=0,017$ ) ab.

Insgesamt erfolgt eine jeweils statistisch signifikante Zunahme der Abstände zwischen den knöchernen Strukturen Sella (ET-S mit  $p=0,001$  und EB-S mit  $p=0,000$ ) und Nasion (ET-N mit  $p=0,002$  und EB-N mit  $p=0,000$ ) und den Strukturen der Epiglottis im Sinne des Vertikalwachstums, was auch an der Zunahme der entsprechenden Winkel N-S-EB ( $p=0,017$ ) und N-S-ET ( $p=0,005$ ) deutlich wird.

Hauptgruppen

→ Anhang, Tabelle 6

Analog der Ergebnisse im Gesamtkollektiv erfahren innerhalb der Gruppe „Hybrid-GNE“ die Strecken EB-aC2 ( $1,21\text{mm} \pm 3,45\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,007$ ), EB-aC3 ( $0,90\text{mm} \pm 3,36\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,060$ ) und EB-aC4 ( $1,29\text{mm} \pm 4,47\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,067$ ) eine Längenzunahme, während die entsprechenden Strecken zwischen epiglottis tip und den Strukturen an der HWS keine signifikanten Änderungen aufweisen. Innerhalb der Gruppe „GNE dental“ sind diese Ergebnisse hingegen nicht festzustellen, wobei auch zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede ( $p\text{-inter}$ ) vorliegen.

Innerhalb des Pools der Gruppe „GNE dental“ nehmen die Winkel SPA-SPP-EB mit  $-2,46^\circ \pm 5,58^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,003$ ) und SPA-SPP-ET mit  $-1,89^\circ \pm 5,65^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,024$ ) ab, was unter Bezugnahme auf die oben beschriebene anteriore Neigung der Maxilla als konstante Lage der Epiglottis in Bezug zur Maxilla interpretiert werden kann.

Beim Vergleich zwischen den Hauptgruppen erweist sich die Zunahme der Strecken ET-N und ET-S als statistisch signifikant, wobei die beiden Strecken bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit ET-N um  $3,97\text{mm} \pm 6,22\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) ( $p\text{-inter}=0,036$ ) und ET-S um  $3,37\text{mm} \pm 5,19\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) ( $p\text{-inter}=0,028$ ) stärker zunehmen als bei der Gruppe „GNE dental“, bei der beide Strecken eine Zunahme von  $<1\text{mm}$  aufweisen. Ähnliche Ergebnisse liefern auch die Strecken EB-N ( $p\text{-intra Hybrid-GNE}=0,000$ ) ( $p\text{-inter}=0,083$ ) und EB-S ( $p\text{-intra Hybrid-GNE}=0,000$ ) ( $p\text{-inter}=0,071$ ). Auch die Strecken ET-Me mit  $-1,42\text{mm} \pm 5,35\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,046$ ) und EB-Me mit  $-0,82\text{mm} \pm 5,05\text{mm}$  ( $p\text{-inter}=0,082$ ) nehmen innerhalb der mit Hybrid-GNE therapierten Patienten zu, während sie bei der Gruppe mit dental verankerter GNE fast konstant bleiben.

Während die Strecke EB-Me bei Patienten mit dentaler GNE geringfügig um  $0,59\text{mm} \pm 5,67\text{mm}$  abnimmt, nimmt diese Strecke bei Patienten mit Hybrid-GNE um  $0,82\text{mm} \pm 5,05\text{mm}$  zu ( $p\text{-inter}=0,082$ ). Auch die Strecke ET-Me erfährt bei Patienten mit Hybrid-GNE eine Zunahme um  $1,42\text{mm} \pm 5,35\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,046$ ). Eine jeweilige Zunahme der Winkel N-S-EB ( $p\text{-intra}=0,015$ ) und N-S-ET ( $p\text{-intra}=0,005$ ) ist bei Patienten mit dental verankerter GNE zu dokumentieren.



### Untergruppen skelettale Klasse I

→ Anhang, Tabelle 8

Analog dem Hauptgruppenvergleich nehmen auch bei Patienten mit neutralbasaler Kieferrelation die Strecken zwischen epiglottis base und der HWS signifikant zu. Die Strecke EB-aC4 nimmt bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ im Sinne einer Ventralverlagerung der Epiglottis und in dieser Ebene um  $1,58\text{mm} \pm 3,72\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,033$ ) zu, wohingegen sie bei der Gruppe „GNE dental“ sogar um  $0,61\text{mm} \pm 3,50\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,139$ ) abnimmt ( $p\text{-inter}=0,018$ ).

Aufgrund der gemessenen Streckenänderungen kann somit insgesamt von einer Verlagerung der Epiglottis nach ventral bei Patienten mit skelettaler Klasse I und Hybrid-GNE ausgegangen werden. Die Winkelmessungen von SPA-SPP-EB und SPP-SPA-ET liefern dem Hauptgruppenvergleich analoge Ergebnisse.

Die tendenzielle Zunahme der Strecke ET-pP6 mit  $1,60\text{mm} \pm 4,74\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,060$ ) innerhalb der Untergruppe mit Hybrid-GNE lässt sich als Tendenz zum Kaudalwachstum der Epiglottis interpretieren.

Auch die Strecken EB-N und ET-N erfahren bei Patienten mit Hybrid-GNE wie im Hauptgruppenvergleich eine höchst signifikante Längenzunahme und bleiben bei Patienten mit dentaler GNE hingegen fast konstant (EB-N mit  $p\text{-inter}=0,034$ , ET-N mit  $p\text{-inter}=0,019$ ).

Mit jeweils mäßiger inter-Signifikanz nehmen die Strecken EB-S um  $3,75\text{mm} \pm 5,29\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,000$ ) und ET-S um  $2,86\text{mm} \pm 5,19\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,005$ ) bei skelettaler Klasse I und Hybrid-GNE zu, während sie bei Patienten mit dentaler GNE  $<1\text{mm}$  zunehmen.

Entsprechend der Wachstumstendenz der Mandibula nehmen innerhalb der Gruppe „Hybrid-GNE“ die Strecken ET-Me mit  $1,92\text{mm} \pm 3,94\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,011$ ) und EB-Me mit  $0,95\text{mm} \pm 4,12\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,124$ ) zu, während sie bei der Gruppe mit dental verankerter GNE beide abnehmen (ET-Me  $p\text{-inter}=0,015$ ) (EB-Me  $p\text{-inter}=0,014$ ).

Untergruppen skelettale Klasse III

→ Anhang, Tabelle 10

Im Gegensatz zu den Ergebnissen bezüglich der Strecke EB-aC4 nimmt diese Strecke bei Patienten mit skelettaler Klasse III und Hybrid-GNE nur gering um  $0,78\text{mm} \pm 5,66\text{mm}$  zu, während die Aufweitung dieser Distanz bei dentaler GNE deutlich stärker mit  $2,94\text{mm} \pm 4,22\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,007$ ) ausgeprägt ist ( $p\text{-inter}=0,090$ ) und auch die Strecke EB-aC3 hier bei dentaler GNE eine stärkere Zunahme mit  $2,27\text{mm} \pm 4,35\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,056$ ) aufweist. Gleichzeitig weisen auch die Strecken ET-aC3 ( $p\text{-intra}=0,019$ ) und ET-aC4 ( $p\text{-intra}=0,044$ ) bei der Gruppe „GNE dental“ eine Größenzunahme auf.

Neben dem Winkel N-S-EB mit  $2,24^\circ \pm 3,72^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,025$ ) vergrößert sich auch der Winkel N-S-ET bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $2,47^\circ \pm 3,29^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,007$ ) stärker als bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit  $N\text{-S-ET}=0,28^\circ \pm 2,62^\circ$  ( $p\text{-inter}=0,037$ ), wobei gleichzeitig eine Abnahme des Winkels Go-Me-ET bei dentaler GNE ( $-0,58^\circ \pm 2,93^\circ$ ,  $p\text{-intra}=0,587$ ) und Zunahme des Winkels bei Hybrid-GNE ( $1,34^\circ \pm 3,11^\circ$ ,  $p\text{-intra}=0,085$ ) aller Patienten mit skelettaler Klasse III ( $p\text{-inter}=0,069$ ) zu verzeichnen ist. Dies kann als Kaudalverlagerung der Epiglottis bei Klasse III-Patienten mit Hybrid-GNE interpretiert werden.

Obwohl keine inter-Signifikanzen nachweisbar sind, nehmen auch bei Patienten mit Hybrid-GNE und mesiobasaler Kieferrelation im Sinne der Wachstumsinduktion die Strecken EB-S ( $p\text{-intra}=0,002$ ), ET-S ( $p\text{-intra}=0,003$ ), EB-N ( $p\text{-intra}=0,011$ ) und ET-N ( $p\text{-intra}=0,010$ ) jeweils stärker zu, als bei Patienten mit entsprechender Kieferrelation und dental verankerter GNE. Dennoch erfolgt im Verhältnis zu Klasse-I-Patienten bei Patienten mit mesiobasaler Kieferrelation die stärkste Wachstumsinduktion im Sinne einer Vergrößerung der Distanz zwischen der Schädelbasis und der Epiglottis.

#### 4.2.4. Hyoid

##### Gesamtkollektiv

→ Anhang, Tabelle 4

Im Gesamtkollektiv lässt sich sowohl eine Zunahme der Strecke H-N um 2,73mm mit einer Signifikanz von  $p=0,001$  als auch eine Zunahme der Strecke H-S um 2,29mm mit derselben Signifikanz im Sinne eines Vertikalwachstums feststellen, was auch durch die Öffnung des Winkels N-S-H während der Therapie um  $0,96^\circ$  ( $p=0,006$ ) widergespiegelt wird.

Ähnlich der Abnahme des Winkels SPP-SPA-EB nimmt auch der Winkel SPP-SPA-H während der Behandlung um  $1,11^\circ$  ( $p=0,043$ ) ab, was einerseits bei konstanter Lage des Hyoid als anteriore Maxillaneigung oder andererseits bei konstanter Lage der Maxilla als Ventralverlagerung des Hyoid interpretiert werden kann. Die Vergrößerung des Abstandes zwischen Hyoid und der anterioren Spitze des 4. Halswirbels von  $34,72\text{mm}\pm 4,97\text{mm}$  auf  $35,63\text{mm}\pm 5,57\text{mm}$  verifiziert hierbei die angenommene Ventralverlagerung des Hyoids.

##### Hauptgruppen

→ Anhang, Tabelle 6

Beim Vergleich der Hauptgruppen lässt sich in der Gruppe mit Hybrid-GNE ein höchst signifikantes Längenwachstum bezüglich der Strecken H-S ( $3,54\text{mm}\pm 5,84\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,000$ ) und H-N ( $3,98\text{mm}\pm 7,05\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,000$ ) nachweisen, wohingegen die dentale GNE (H-S mit  $0,97\text{mm}\pm 7,20\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,353$  und H-N mit  $1,42\text{mm}\pm 8,70\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,257$ ) hier keine Signifikanzen aufweist. Auch die Strecke H-aC4 nimmt bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ ( $1,60\text{mm}\pm 4,38\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,020$ ) und in geringerem Ausmaß auch die Strecke H-aC3 ( $0,98\text{mm}\pm 3,17\text{mm}$ ,  $p\text{-intra}=0,078$ ) stärker zu, als bei der dental verankerten GNE. Hier hingegen nimmt der Winkel N-S-H mit  $1,58^\circ\pm 3,51^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,003$ ) zu, während er bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ keine signifikanten Änderungen aufweist. Zusätzlich nimmt auch der Winkel SPA-SPP-H innerhalb der Gruppe „GNE dental“ mit  $-1,59^\circ\pm 5,20^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,037$ ) ab.

Untergruppen skelettale Klasse I

→ Anhang, Tabelle 8

Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Untergruppen mit skelettaler Klasse I können am Parameter H-aC4 ( $p\text{-inter}=0,018$ ) verzeichnet werden, da diese Strecke bei Patienten mit Hybrid-GNE um  $1,95\text{mm}\pm 3,72\text{mm}$  ( $p\text{-intra}=0,008$ ) zunimmt, während sie bei Patienten mit dentaler GNE sogar geringfügig um  $0,46\text{mm}\pm 4,04\text{mm}$  abnimmt. Auch die Strecke H-aC3 nimmt bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ tendenziell zu, während sie bei der Gruppe „GNE dental“ abnimmt ( $p\text{-inter}=0,082$ ).

Analog der Ergebnisse des Hauptgruppenvergleichs nehmen die Strecken H-S und H-N mit Signifikanz bei Patienten mit skelettaler Klasse I und Hybrid-GNE (H-S  $p\text{-intra}=0,015$ ) (H-N  $p\text{-intra}=0,017$ ) stärker zu als bei Patienten mit dentaler GNE und entsprechender Klasse (H-S  $p\text{-inter}=0,098$ ) (H-N  $p\text{-inter}=0,076$ ).

Des Weiteren ist eine Zunahme der Strecke H-Me mit mäßiger Signifikanz bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ ( $1,01\text{mm}\pm 4,41\text{mm}$ ) zu verzeichnen, während diese Strecke bei der Gruppe „GNE dental“ mit  $-1,11\text{mm}\pm 4,49\text{mm}$  leicht abnimmt. Der Winkel N-S-H nimmt hingegen bei der Gruppe „GNE dental“ um  $1,01^\circ\pm 3,34^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,096$ ) zu. Zusätzlich nimmt der Winkel SPA-SPP-H innerhalb der Gruppe „GNE dental“ mit  $-1,98^\circ\pm 5,43^\circ$  ( $p\text{-intra}=0,048$ ) ab.

Untergruppen skelettale Klasse III

→ Anhang, Tabelle 10

Analog der Ergebnisse bezüglich der Streckenzunahme von H-N und H-S bei Patienten mit Hybrid-GNE lässt sich dies auch bei Patienten mit skelettaler Klasse III und Hybrid-GNE feststellen. Zusätzlich öffnet sich der Winkel N-S-H während der Therapie mit Hybrid-GNE mit  $0,70^\circ\pm 2,28^\circ$  deutlich geringer, als bei mit dentaler GNE therapierten Patienten ( $2,65^\circ\pm 3,66^\circ$ ,  $p\text{-intra}=0,009$ ) ( $p\text{-inter}=0,092$ ).

### 4.3. Korrelationsanalyse

Nach Analyse der gemessenen Strecken und Winkel erfolgt im nächsten Schritt die Korrelationsanalyse zwecks Feststellung, ob ein linearer oder antiproportionaler Zusammenhang zwischen den Pharynxstrecken zum einen und den knöchernen Strukturen an Mandibula und Maxilla zum anderen besteht. Die statistische Analyse wird mit den Differenzen der Parameter von T1-T2 vorgenommen.

#### 4.3.1. Korrelationen mit P1

→ Anhang, Tabellen 11,12

Eine hohe, positive Korrelation im Sinne eines linearen Zusammenhangs liegt zwischen der Strecke P1 und der Strecke S-SPP innerhalb der Gruppe „GNE dental“ ( $r=0,733$ ;  $p=0,000$ ), sowie innerhalb der Untergruppe mit skelettaler Klasse I ( $r=0,755$ ;  $p=0,000$ ) und innerhalb der Untergruppe mit skelettaler Klasse III ( $r=0,704$ ;  $p=0,001$ ) vor. Innerhalb der Gruppe „Hybrid-GNE“ liegt eine mittlere Korrelation nur innerhalb der Untergruppe mit skelettaler Klasse III ( $r=0,653$ ;  $p=0,003$ ) zwischen P1 und S-SPP vor.

Ähnlich der Korrelation zwischen S-SPP und P1 sind auch lineare Zusammenhänge zwischen den Parametern S-SPA und P1, jedoch mit insgesamt weniger starker Ausprägung zu verzeichnen (PG1  $r=0,514$ ;  $p=0,000$ ) (PG1(III)  $r=0,513$ ;  $p=0,029$ ) (PG2(III)  $r=0,613$ ;  $p=0,007$ ).

Während zwischen den Parametern N-SPA und P1 nur innerhalb der Gruppe mit Hybrid-GNE und skelettaler Klasse III von einem linearen Zusammenhang ausgegangen werden kann ( $r=0,557$ ;  $p=0,016$ ), liegen bei den Parametern Ba-SPP und P1 ausschließlich höchst signifikante Korrelationen in den Gruppen PG1 ( $r=0,563$ ;  $p=0,000$ ), PG1(I) ( $r=0,638$ ;  $p=0,000$ ), PG2 ( $r=0,502$ ;  $p=0,000$ ) und PG2 (I) ( $r=0,547$ ;  $p=0,001$ ) vor. Der Parameter Ba-S-SPP steht nur in der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit skelettaler Klasse I zur Pharynxstrecke P1 in linearem Zusammenhang ( $r=0,545$ ;  $p=0,001$ ). Bezüglich der Streckenmessung an der Mandibula fallen signifikante Korrelationen mit der Pharynxstrecke P1 insbesondere innerhalb der Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse III auf:

	$\Delta$ S-Go	$\Delta$ N-Gn	$\Delta$ N-Me	$\Delta$ N-Pog	$\Delta$ Ba-Pog	$\Delta$ Cod-Pog
Korr.	<b>0,591</b>	<b>0,581</b>	<b>0,614</b>	<b>0,622</b>	<b>0,526</b>	<b>0,603</b>
Sign.	<b>0,010</b>	<b>0,012</b>	<b>0,007</b>	<b>0,006</b>	<b>0,025</b>	<b>0,008</b>

Die Parameter Ba-Pog und Cod-Pog korrelieren jeweils mit P1 zusätzlich im Gesamtkollektiv der Gruppe „GNE dental“ (Ba-Pog  $r=0,517$ ;  $p=0,000$ ) (Cod-Pog  $r=0,528$ ;  $p=0,000$ ) sowie in der entsprechenden Untergruppe mit skelettaler Klasse I (Ba-Pog  $r=0,518$ ;  $p=0,002$ ) (Cod-Pog  $r=0,507$ ;  $p=0,003$ ).

#### **4.3.2. Korrelationen mit P2**

→ Anhang, Tabelle 13, 14

Zwischen der Pharynxstrecke P2 und den gemessenen Parametern an Mandibula und Maxilla lassen sich jeweils nur Korrelationen innerhalb der Gruppe „Hybrid-GNE“ mit skelettaler Klasse III verzeichnen. So ist sowohl der Zusammenhang zwischen P2 und dem Winkel SN/ME mit  $r=-0,597$  und  $p=0,009$  als auch der Zusammenhang zwischen P2 und dem Summenwinkel mit den gleichen Werten für  $r$  und  $p$  antiproportional.

#### **4.3.3. Korrelationen mit P3**

→ Anhang, Tabellen 15, 16

Auch zwischen der Pharynxstrecke P3 lassen sich ausschließlich innerhalb der PG2 (III) Zusammenhänge zu anderen Strecken feststellen. So korreliert die Strecke N-SPP mit  $r=0,722$  und  $p=0,001$  in hohem Maß mit der Strecke P3, während die Strecken N-SPA ( $r=0,659$ ;  $p=0,003$ ), N-Me ( $r=0,635$ ;  $p=0,005$ ) und N-Pog ( $r=0,630$ ;  $p=0,005$ ) in geringerem Maß in linearem Zusammenhang zur Strecke P3 stehen.

#### **4.3.4. Korrelationen mit P4**

→ Anhang, Tabelle 17, 18

Es liegen keine linearen oder antiproportionalen Zusammenhänge zwischen der Pharynxstrecke P4 und den gemessenen Strukturen an Mandibula und Maxilla vor.

### 4.3.5. Korrelationen mit P5

→ Anhang, Tabelle 19, 20

Zwischen der Pharynxstrecke P5 und den korrelierten Parametern lassen sich ausschließlich Zusammenhänge innerhalb beider Untergruppen mit skelettaler Klasse III verzeichnen.

In der entsprechenden Untergruppe der Hauptgruppe „Hybrid-GNE“ liegt eine positive Korrelation zwischen der Strecke P5 und dem Winkel SN-SPA ( $r=0,519$ ;  $p=0,027$ ) sowie ein antiproportionaler Zusammenhang zwischen P5 und dem Winkel Ba-S-SPP ( $r=-0,527$ ;  $p=0,025$ ) vor.

Ähnlich der Korrelation zwischen P1 und den gemessenen Strecken an der Mandibula innerhalb der PG1 (III) lassen sich diese Zusammenhänge auch zwischen der Strecke P5 und den entsprechenden Parametern in dieser Gruppe nachweisen. So liegen lineare Zusammenhänge zwischen den Strecken N-Gn ( $r=0,532$ ;  $p=0,028$ ), N-Me ( $r=0,532$ ;  $p=0,028$ ), N-Pog ( $r=0,598$ ;  $p=0,011$ ) und Cod-Pog ( $r=0,510$ ;  $p=0,037$ ) vor, wobei diese auch bei S-SPA ( $r=0,527$ ;  $p=0,030$ ) nachzuweisen sind. Innerhalb der Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse III liegen zusätzlich positive Korrelationen zwischen P5 und der Strecke N-SPA ( $r=0,559$ ;  $p=0,020$ ) und dem Winkel N-S-Ar ( $r=0,520$ ;  $p=0,033$ ) vor.

### 4.3.6. Korrelationen mit P6

→ Anhang, Tabelle 21, 22

Während die meisten der an der Mandibula gemessenen Strecken mit den Pharynxstrecken P1 und P5 ausschließlich innerhalb der Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse III korrelieren, lassen sich lineare Zusammenhänge bezüglich der Strecke P6 und den Strecken an der Mandibula zusätzlich auch innerhalb der Hauptgruppe „GNE dental“ und in der Untergruppe mit skelettaler Klasse I nachweisen.

		$\Delta$ S-Go	$\Delta$ N-Gn	$\Delta$ N-Me	$\Delta$ N-Pog	$\Delta$ Ba-Pog	$\Delta$ Cod-Pog
<b>PG1</b>	Korr.	<b>0,602</b>	<b>0,600</b>	<b>0,533</b>	0,492	<b>0,621</b>	<b>0,611</b>
	Sign.	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>PG1 (I)</b>	Korr.	<b>0,672</b>	<b>0,629</b>	<b>0,595</b>	<b>0,550</b>	<b>0,584</b>	<b>0,601</b>
	Sign.	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>
<b>PG1 (III)</b>	Korr.	0,453	0,411	0,338	0,310	<b>0,586</b>	<b>0,538</b>
	Sign.	0,068	0,101	0,184	0,225	<b>0,013</b>	<b>0,026</b>

Bezüglich des Parameters S-Go liegt zusätzlich eine Korrelation mit P6 ( $r=0,531$ ;  $p=0,034$ ) innerhalb der PG2 (III) vor.

Während die Strecke S-SPA sowohl innerhalb der PG1 ( $r=0,550$ ;  $p=0,000$ ) als auch innerhalb der PG1 (I) ( $r=0,581$ ;  $p=0,001$ ) mit der Pharynxstrecke P6 in linearem Zusammenhang steht, korreliert die Strecke S-SPP mit P6 ( $r=0,535$ ;  $p=0,027$ ) ausschließlich in der Gruppe PG1 (III).

Neben der Strecke N-SPA ( $r=0,536$ ;  $p=0,002$ ) liegt auch bei der Strecke N-SPP ( $r=0,562$ ;  $p=0,001$ ) bei Patienten mit skelettaler Klasse I und dentaler GNE eine positive Korrelation vor, die in ähnlichem Maß auch bei Patienten mit skelettaler Klasse III und Hybrid-GNE nachzuweisen ist (N-SPA mit  $r=0,538$ ;  $p=0,032$  und N-SPP mit  $r=0,561$ ;  $p=0,024$ ).

Ein positiver, linearer Zusammenhang der Strecke Ba-SPP und P6 ist ausschließlich bei der Gruppe „GNE dental“ mit skelettaler Klasse III zu verzeichnen ( $r=0,563$ ;  $p=0,019$ ).

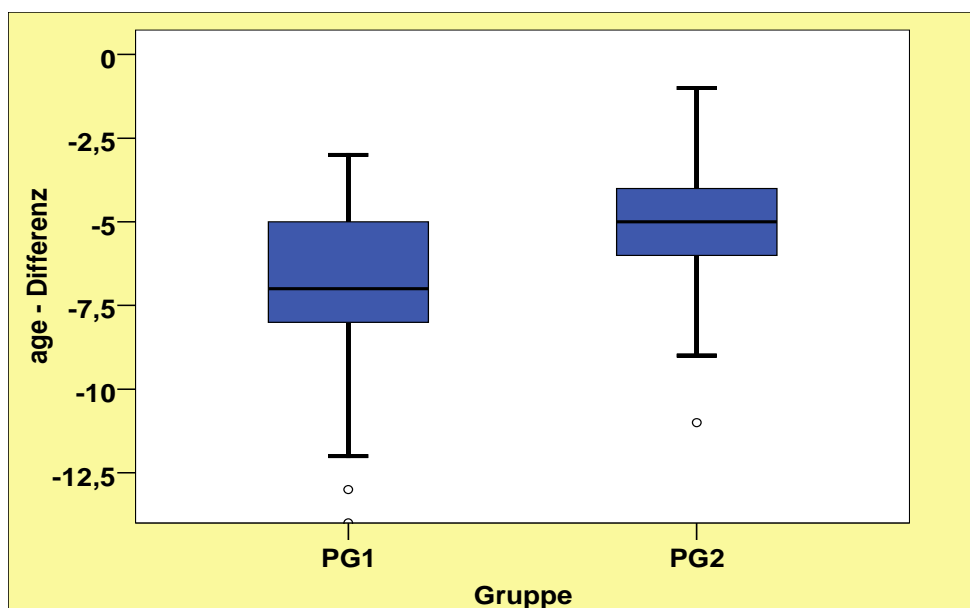


## 5. DISKUSSION

### 5.1. Patientenselektion

Der dieser Studie zugrunde liegende Patientenpool aus insgesamt 100 Patienten stellt eine breite Basis zur notwendigen Ermittlung aller empirischen Daten dar. Dabei erfolgt die numerische Verteilung der Patienten auf die Haupt- und Untergruppen exakt symmetrisch.

Die Therapie erfolgt im durchschnittlichen Alter von 13 Jahren, was dem von TIMMS [116] beschriebenen Alter von 12-15 Jahren entspricht. Auffällig ist der unterschiedliche Behandlungszeitraum bezüglich beider GNE-Arten, der bei der dental verankerten GNE mit  $7,12 \pm 2,37$  Monaten um 32,58% länger dauert als bei der Hybrid-GNE mit  $4,8 \pm 1,91$  Monaten.



Während die beiden Untergruppen mit skelettaler Klasse I und III bei der konventionellen GNE ähnliche Behandlungszeiträume aufweisen, dauert die Behandlung bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ innerhalb der Patienten mit skelettaler Klasse I durchschnittlich  $5,13 \pm 2,09$  Monate. Bei Patienten mit skelettaler Klasse III dauert sie hingegen fast einen Monat weniger ( $4,22 \pm 1,40$  Monate).

## **5.2. Methode**

### **5.2.1. Kephalometrische Vermessung der FRS**

Bei der digitalen Vermessung der FRS mittels der Software „fr-win – die Diagnostiksoftware für Kieferorthopäden“ wurden keine Änderungen an den tools „Kontrast“ und „Helligkeit“ während der Analyse vorgenommen, da diese eine Verfälschung der Ergebnisse insbesondere im Bereich des pharyngealen Luftraums verursacht hätten, weil dieser durch Verstärkung bzw. Minderung der Helligkeit oder des Kontrastes optisch schmaler bzw. breiter wurde. Dadurch hätten sich die Messpunkte verschoben und eine veränderte Breite des pharyngealen Luftraumes suggeriert. Insofern wurden die Röntgenaufnahmen mit prä- und posttherapeutisch konstanter Spannung (kV) aufgenommen und mit „fr-win“ nicht modifiziert.

### 5.3. Veränderungen an Strukturen des Schädels

#### 5.3.1. Maxilla

Im Gesamtkollektiv des Patientenpools wird eine Größenzunahme der Maxilla sowohl in der Vertikalen als auch in der Sagittalen deutlich. Dabei neigt sich die Maxilla zusätzlich nach anterior und erfährt eine prognathe Verlagerung im Sinne einer generellen Wachstumstendenz, was in engem Zusammenhang mit der von WERTZ et al. [126] beschriebenen ventrokaudalen Verlagerung der Maxilla steht. Im Vergleich zwischen den Hauptgruppen lässt sich hierbei eine höchst signifikante ventrokaudale Verlagerung durch die Hybrid-GNE verzeichnen, die bei mit dentaler GNE therapierten Patienten nicht stattfindet.

Die Zunahme der Strecken zwischen Sella und Maxilla (SPA bzw. SPP) einerseits und Nasion und Maxilla (SPA bzw. SPP) andererseits bei Patienten mit Hybrid-GNE generell, bei Patienten mit skelettaler Klasse I und Hybrid-GNE sowie bei Patienten mit skelettaler Klasse III und Hybrid-GNE lässt auf eine signifikante, sagittale und vertikale Längenzunahme der Maxilla während der Therapie schließen, was die von LUDWIG et al. [82] beschriebene Dominanz der skelettalen Effekte der Hybrid-GNE verdeutlicht. Diese therapeutischen Effekte sind bei Patienten mit dentaler GNE generell und auch bei der Untergruppe mit skelettaler Klasse I und III nicht nachzuweisen, da hier zwar die Strecken zwischen Nasion und Maxilla auch zunehmen, die Strecken zwischen Sella und Maxilla jedoch abnehmen, was so eher auf eine anteriore Neigung der Maxilla als auf eine vertikal-sagittale Wachstumstendenz wie bei der Hybrid-GNE schließen lässt. So wird die Maxilla durch die dentale GNE in stärkerem Maß nach anterior geneigt als durch die Hybrid-GNE. Diese durch die dentale GNE induzierte anteriore Maxillaneigung erfolgt dabei auch höchst signifikant bei Patienten mit skelettaler Klasse I und skelettaler Klasse III. Während die Maxilla im Gesamtkollektiv, innerhalb der Haupt- und Nebengruppen nur durch die Hybrid-GNE signifikant nach prognath verlagert wird, ist dieser Effekt bei der dentalen GNE nicht zu verzeichnen. Der Effekt der prognathen Verlagerung durch die Hybrid-GNE ist dabei bei Patienten mit prätherapeutisch mesiobasaler Kieferrelation stärker ausgeprägt als bei Patienten mit neutralbasaler Kieferrelation. Die nach dorsal ausgerichtete Streckung der Maxilla in Relation zur hinteren Schädelbasis (Ba-S-SPP, SNA) erfolgt bei Klasse-I-Patienten eher durch die dental verankerte GNE, während bei Klasse-III-Patienten hier die Hybrid-GNE stärkere Effekte erzielt.

### 5.3.2. Mandibula

Im Gesamtkollektiv wächst die Mandibula in Bezug zur Schädelbasis sowohl in sagittaler als auch in vertikaler Richtung während der Therapie, wobei der Unterkieferkörper zusätzlich eine Längenzunahme und ein Vertikalwachstum erfährt und die vordere Gesichtshöhe zunimmt. Insgesamt neigt sich der Unterkiefer dabei in Bezug zur Schädelbasis nach anterokaudal, was der beschriebenen „Rotation des Unterkiefers nach unten und hinten“ entspricht [115]. Zusätzlich erfolgen im Gesamtkollektiv während des Therapiezeitraumes eine Öffnung der vertikalen, basalen Kieferrelation sowie das Einstellen einer neutralen, basalen, sagittalen Kieferrelation.

Im Vergleich zwischen beiden GNE-Arten erfährt die Mandibula eine höchst signifikante und stärkere Wachstumstendenz in sagittaler und vertikaler Richtung durch die Hybrid-GNE, während durch die dentale GNE hier weniger starke Effekte nachzuweisen sind. So wächst die Mandibula bei Patienten mit Hybrid-GNE zweidimensional (sagittal und vertikal), durch die dentale GNE hingegen nur vertikal im Bereich der vorderen Gesichtshöhe. Insgesamt ist die beschriebene Größenzunahme der Mandibula an den jeweils gemessenen Strecken zwischen Unterkieferkörper und anderen knöchernen Strukturen des Schädels jedoch bei Therapie mit Hybrid-GNE fast doppelt so stark ausgeprägt, wie durch die dental verankerte GNE.

Innerhalb der Gruppe mit skelettaler Klasse I wächst der Unterkiefer durch die Hybrid-GNE in gleichem Ausmaß wie innerhalb der Hybrid-GNE-Hauptgruppe sowohl sagittal als auch vertikal, während er bei der dentalen GNE wieder nur geringfügig vertikal und sagittal überhaupt nicht wächst.

Die vordere Gesichtshöhe weist bei Patienten mit Hybrid-GNE und skelettaler Klasse I eine stärkere Wachstumstendenz auf als bei Patienten mit dentaler GNE und der entsprechenden Kieferrelation. Im Gegensatz zu den minimalen Effekten der dental verankerten GNE auf Klasse-I-Patienten erfolgt bei Patienten mit skelettaler Klasse III jedoch eine Zunahme der vorderen Gesichtshöhe. Die Hybrid-GNE hingegen hat auch bei Patienten mit skelettaler Klasse III nicht nur einen positiven Wachstumseffekt auf die vordere Gesichtshöhe, sondern auch auf die sagittale und vertikale Dimension. Eine Zunahme der vorderen Gesichtshöhe durch die Therapie mit GNE beschreiben auch CHUNG et al. [12].

Zusätzlich wird die basale, vertikale Kieferrelation durch die Hybrid-GNE geöffnet, während dieser Effekt bei der dentalen GNE ausbleibt. Auch bei Patienten mit skelettaler Klasse III wird dieser Effekt deutlich, während er bei Patienten mit skelettaler Klasse I nicht nachzuweisen ist.

Auch die Effekte auf die Veränderung der basalen, sagittalen Kieferrelation hin zu einer neutralen Relation sind durch die Hybrid-GNE höher als durch die dentale GNE, was sowohl innerhalb der Hauptgruppe als auch bei Patienten mit skelettaler Klasse III auffällt.

In Bezug auf die retrognathe Einlagerung der Mandibula zur Schädelbasis lässt sich dies ausschließlich bei Patienten mit dental verankerter GNE generell und bei Klasse III feststellen, während hier durch die Hybrid-GNE keine Effekte festgestellt werden.

Unter Bezugnahme auf die anteriore Neigung der Maxilla bei dental verankerter GNE lässt sich hier auch analog eine nach anterior-kaudal ausgerichtete Neigung der Mandibula durch die dentale GNE feststellen, die bei Klasse-III-Patienten besonders stark ausgeprägt ist.

Die signifikante und stärker ausgeprägte Zunahme des Summenwinkels bei allen mit dentaler GNE therapierten Patienten innerhalb der Haupt- und Nebengruppe steht in Zusammenhang mit der gleichzeitigen anterioren Neigung von Mandibula und Maxilla sowie der Zunahme der vorderen Gesichtshöhe durch die dental verankerte GNE. Während die Drehachse für dieses clockwise-Wachstums bei Patienten mit skelettaler Klasse I im Bereich des Kondylus liegt (S-Ar-Go), liegt es bei Patienten mit skelettaler Klasse III weiter kranial im Bereich der Sella (N-S-Ar).

### 5.3.3. Dentoalveolär

Während des Therapiezeitraumes werden sowohl die oberen als auch die unteren 6-Jahres-Molaren im Gesamtkollektiv mesialisiert, wobei die oberen Inzisivi rekliniert und die unteren Inzisivi prokliniert werden, was gleichzeitig eine Abnahme des Overjets bewirkt.

Im Vergleich zwischen dentaler und Hybrid-GNE fällt dabei auf, dass die oberen und unteren Inzisivi durch die Hybrid-GNE mesialisiert werden, was als Effekt der sagittalen Wachstumsinduktion und prognathen Verlagerung der Maxilla durch die Hybrid-GNE interpretiert werden kann. Im Rahmen der Mesialisierung werden die oberen Inzisivi während der Therapie mit Hybrid-GNE dabei gleichzeitig aktiv rekliniert und die unteren prokliniert, was jeweils eine Abnahme des Overjets bewirkt. Durch die dentale GNE werden die oberen und unteren Inzisivi hingegen distalisiert, der Overjet jedoch auch verringert. Diese Effekte sind nur bei den Hauptgruppen und bei Patienten mit neutralbasaler Kieferrelation nachzuweisen. Da durch die dentale GNE keine wachstumsinduzierte Mesialisierung der Frontzähne erfolgt, wird hier auch keine aktive Reklination dieser Zähne vorgenommen.

Innerhalb der Untergruppen mit skelettaler Klasse I wird dieser Effekt noch deutlicher, da hier die Distalisierung durch die dentale GNE und die Mesialisierung der Inzisivi sowie die Abnahme des Overjets durch die Hybrid-GNE höchst signifikant sind. Auch hierbei erfahren die oberen Inzisivi gleichzeitig eine Reklination durch die Hybrid-GNE.

### 5.3.4. Zusatzmessungen

Im Gesamtkollektiv erfolgt ein Clockwise-Wachstum, das auch in den Haupt- und Nebengruppen nachzuweisen ist, wobei die dentale GNE hier in allen Gruppen bezüglich des Wachstums stärkere Effekte erzielt. Des Weiteren fällt die Ventralverlagerung des Kondylus bei Patienten mit dentaler GNE generell sowie bei der entsprechenden Untergruppe mit skelettaler Klasse I auf.

## 5.4. Veränderungen an Strukturen des Luftweges

### 5.4.1. Velum

Es sind keine Veränderungen am Velum während des Zeitraumes der kieferorthopädischen Therapie feststellbar.

### 5.4.2. Pharynx

Im Gesamtkollektiv erfolgt eine Zunahme der Pharynxtiefe und damit Erweiterung des extrathorakalen Luftraumes auf Höhe des 4. Halswirbels.

Während die Gruppe „Hybrid-GNE“ keine Änderungen der Pharynxtiefe erfährt, nimmt bei der Gruppe „GNE dental“ die Pharynxtiefe auf Höhe der kaudalen Kanten des 4. Halswirbels (P6) signifikant zu, wobei dies eng mit der anterior-kaudalen Neigung der Mandibula in dieser Gruppe korreliert. Auf Höhe der Palatinalenebene (P1) nimmt sie hier tendenziell ab, was in Korrelation zu der tendenziellen Abnahme der Distanz zwischen Maxilla und Sella innerhalb der Gruppe „GNE dental“ steht.

Innerhalb der Untergruppe mit skelettaler Klasse III kommt es im Rahmen der Therapie mit dentaler GNE zu einer Aufweitung der Pharynxtiefe auf Höhe des 3. und 4. Halswirbels, während dieser Effekt bei mit Hybrid-GNE therapierten Patienten innerhalb der Untergruppe mit skelettaler Klasse III nicht nachzuweisen ist. Hierbei korreliert die Aufweitung der Pharynxtiefe auf Höhe von C3 und C4 bei Patienten mit mesiobasaler Kieferrelation und dental verankerter GNE mit der bereits beschriebenen anterior-kaudalen Neigung der Mandibula innerhalb dieser Gruppe.

### 5.4.3. Epiglottis

In unmittelbarem Zusammenhang zur Zunahme der Pharynxtiefe auf Höhe des 4. Halswirbels im Gesamtkollektiv stehen die Effekte an der Epiglottis, da auf dieser Ebene eine Vergrößerung des Abstandes zwischen HWS und Epiglottis im Sinne einer Ventralverlagerung sowie Verlängerung der Epiglottis im Gesamtkollektiv erfolgt. Im Rahmen der anterioren Neigung der Maxilla kann die Lage der Epiglottis hier zum einen als konstant, zum anderen auch als nach anterior verlagert interpretiert werden. Zusätzlich kann im Gesamtkollektiv ein vertikales Wachstum zwischen den knöchernen Strukturen der Schädelbasis und der Epiglottis verzeichnet werden.

Im Vergleich der Hauptgruppen lässt sich neben der Verlängerung der Epiglottis und deren Ventralverlagerung ein verstärktes Vertikalwachstum zwischen Nasion, Sella,

und der Epiglottis bei Patienten mit Hybrid-GNE feststellen, während diese Wachstumstendenz bei Patienten mit dentaler GNE weniger stark ausgeprägt ist. Auch das Wachstum der Mandibula lässt sich an einer Zunahme der Distanz zwischen Menton und Epiglottis bei Patienten mit Hybrid-GNE ablesen. Die Zunahme des Abstandes zwischen Epiglottis und dem Bezugspunkt Menton durch die Hybrid-GNE verweist hierbei wieder auf das Wachstum der Mandibula, während die Abnahme dieser Distanz durch die dental verankerte GNE als Effekt der anterior-kaudalen Neigung der Mandibula zu interpretieren ist.

Zusätzlich findet auch hier bei der Gruppe „Hybrid-GNE“ und skelettaler Klasse I eine Ventralverlagerung der Epiglottis mit tendenzieller Verlagerung nach kaudal statt.

Ein auffälliger Effekt auf Patienten mit mesiobasaler Kieferrelation ist die Kaudalverlagerung der Epiglottis durch die Hybrid-GNE, wobei die Kaudalverlagerung tendenziell auch im Pool „Hybrid-GNE“ mit skelettaler Klasse I nachzuweisen ist.

#### **5.4.4. Hyoid**

Im Gesamtkollektiv erfolgt neben der anterioren Neigung der Maxilla eine Ventralverlagerung des Hyoids. Dies wird neben der Gruppe „Hybrid-GNE“ auf Höhe des 4. Halswirbels auch bei der Untergruppe mit skelettaler Klasse I deutlich. Im Unterschied zur Ventralbewegung des Hyoids durch die Hybrid-GNE wird das Zungenbein durch die dental verankerte GNE (in Haupt- und Nebengruppen) nach dorsal verlagert. Zusätzlich kann auch bei den vorgenommenen Messungen am Hyoid wieder eindeutig die anterior-kaudale Neigung der Maxilla innerhalb der Gruppe „GNE dental“ und „GNE dental mit skelettaler Klasse I“ nachgewiesen werden. Gleichzeitig lässt sich ein im Hauptgruppenvergleich zur dentalen GNE stärker ausgeprägtes Vertikalwachstum zwischen Sella, Nasion und Hyoid bei mit Hybrid-GNE therapierten Patienten feststellen. Das gleiche Ergebnis liegt auch beim Untergruppenvergleich innerhalb der Patienten mit skelettaler Klasse I und III vor.



## 5.5. Schlussfolgerung

Es folgt zunächst die tabellarische Übersicht aller Ergebnisse.

	Kollektiv	GNE dental			Hybrid-GNE		
		insges.	I	III	insges.	I	III
<b>MAXILLA</b>							
sagittale Größenzunahme Maxilla	++	-	-	°	++	++	++
vertikale Größenzunahme Maxilla	++	-	-	°	++	++	++
anteriore Neigung Maxilla	++	++	++	++	(+)/°	°	°
prognathe Verlagerung Maxilla	++	-	-	-	++	(+)	++
<b>MANDIBULA</b>							
sagittales Wachstum Mandibula zur Schädelbasis	++	+	-	°	++	++	++
vertikales Wachstum Mandibula zur Schädelbasis	++	+	+	(+)	++	++	++
Retrognathe Verlagerung Mandibula	++	++	°	++	°	°	°
anterior-kaudale Neigung Mandibula	++	++	++	++	+	°	++
Zunahme vordere Gesichtshöhe	++	++	°	++	++	++	++
Einstellung einer neutralen, basalen, sagittalen Kieferrelation	++	°	°	(+)	++	°	++
Öffnung der basalen, vertikalen Kieferrelation	++	°-	°	°	++	°	++
Clockwise-Wachstum	++	++	++	++	++	°	++
<b>ZÄHNE</b>							
Mesialisierung 6er OK	++	++	°+	++	++	(+)	(+)
Mesialisierung 6er UK	++	++	++	+	(+)	++	°
Reklination 1er OK	++	°	°+	°	(+)	++	°
Proklination 1er UK	++	°	°	°	++	+	°
Abnahme Overjet	++	++	++	(+)	(+)	++	-
Mesialisierung 1er OK/ UK	°	-	-	°	(+)	++	°
Distalisierung 1er OK/ UK	°	(+)	+	°	-	-	°
<b>Zusatz</b>							
Clockwise-Wachstum	++	++	++	++	++	++	++
Ventralverlagerung des Kondylus	°	++	++	°	°-	°-	°-
<b>PHARYNX</b>							
Zunahme Pharynxtiefe auf Höhe C4	++	++	°	++	°	°	°
Abnahme Pharynxtiefe auf Höhe Palatinalenebene	°	(+)	°	°+	°	°	°
Zunahme Pharynxtiefe auf Höhe C3	°	°	°	++	°	°	°
<b>EPIGLOTTIS</b>							
Verlängerung Epiglottis	++	°	°	(+)	+/(+)	(+)	°
vertikales Wachstum Epiglottis zur Schädelbasis	++	°+	°+	(+)	++	++	++
ventrale Verlagerung der Epiglottis	++	°	-	++/+	++	++/+	°
kaudale Verlagerung Epiglottis	°	°	°	°	°	(+)	(+)
<b>HYOID</b>							
ventrale Verlagerung Hyoid	++	°	-	°	++	++	°
dorsale Verlagerung Hyoid	°	++	(+)	++	°	°	°
vertikales Wachstum Hyoid zur Schädelbasis	++	°	°	°	++	++	++

[++ = ja]

[- = nein]

[+ = gering]

[° = ohne signifikantes Ergebnis]

[(+) = tendenziell ja]

Durch die Therapie mit der Gaumennahterweiterungsapparatur erfolgen im Kollektiv deutliche skelettale Effekte auf die Maxilla, die sich in einer vertikalen und sagittalen Größenzunahme sowie einer prognathen Verlagerung mit anteriorer Neigung der Maxilla äußern. Dabei hat die Hybrid-GNE mit ihrer Verankerung über Miniimplantate deutlich stärkere skelettale Effekte als die dentale GNE, deren therapeutischer Effekt in der anterioren Neigung der Maxilla liegt. Auch CHUNG et al. [12] weisen auf die Kaudalbewegung der Spina nasalis anterior und posterior sowie auf die anterior-kaudale Verschiebung im Rahmen der Therapie mit GNE hin.

Während die Hybrid-GNE ein vertikales und sagittales Wachstum der Maxilla induziert, kann dies durch die dental verankerte GNE nicht nachgewiesen werden. Somit kann in der Hybrid-GNE eine therapeutische Indikation bei maxillärer sagittaler, vertikaler und transversaler Unterentwicklung gesehen werden.

Neben der Wachstumsinduktion auf die Maxilla durch die Hybrid-GNE resultiert aus der Therapie mit Hybrid-GNE eine ventrale Verlagerung der Maxilla, die bei Patienten mit mesiobasaler Kieferrelation in stärkerem Ausmaß abläuft, als bei Patienten mit neutralbasaler Kieferrelation, so dass der bei einer skelettalen Klasse III neben den generellen Indikationen für eine Therapie mit GNE gerade hier eng die Indikation für eine Hybrid-GNE gestellt werden kann. Dies entspricht auch den Ergebnissen von WILMES et al. [130], die bei der Therapie mit Hybrid-Hyrax in Kombination mit Gesichtsmaske beim Vorliegen einer skelettalen Klasse III die Dominanz der skelettalen Effekte beschreiben. Hierbei kommt es über die Schwächung der Mittelgesichtssuturen zur Verstärkung der extraoralen Traktion und damit zur ventralen Verlagerung der Maxilla, was auch LUWIG et al. [80] beschreiben.

Im Gegensatz zu dieser Studie, die die Effekte zweier Gaumennahterweiterungsapparaturen miteinander vergleicht, untersuchten CHANG et al. [10] die Effekte der raschen Gaumennahterweiterung an Patienten mit der Haas-Apparatur im Vergleich zu Patienten, die ausschließlich mit der Standard-Edgewise-Technik bzw. gar nicht (Kontrollgruppe) therapiert wurden. Nach CHANG et al. lassen sich hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen nachweisen, bis auf die Tatsache, dass der SNA-Winkel bei der Gruppe mit GNE im Vergleich zur Kontrollgruppe um ca.  $1^\circ$  zunimmt. Die ventrale Verlagerung der Maxilla durch die rasche Gaumennahterweiterung weisen somit auch CHANG et al. [10] nach.

Auch CHUNG et al. [12] weisen mit ihrer Studie über die skelettalen Effekte der GNE eine ventrale Verlagerung über die durchschnittliche Zunahme des SNA-Winkels nach.

Aus den weiteren Ergebnissen dieser vergleichenden Studie zwischen dental und kombiniert dental-skelettal verankerter GNE (Hybrid-GNE) lässt sich die anteriore Neigung der Maxilla hauptsächlich durch die dentale GNE nachweisen, gering jedoch nur durch die Hybrid-GNE, so dass bei einem skelettal offenen Biss und transversaler Unterentwicklung der Maxilla die dental verankerte GNE vorzuziehen ist.

Neben den Effekten auf die Maxilla induziert die Therapie mit der Gaumennahterweiterungsapparatur auch deutliche Effekte auf die Mandibula. So verändert sich die Position der Mandibula in Bezug zur Schädelbasis in vertikaler und sagittaler Richtung stärker bei Patienten mit Hybrid-GNE, die im Vergleich zu mit dental verankerter GNE therapierten Patienten eine stärkere Wachstumstendenz der Maxilla aufweisen. Dies entspricht der von LUDWIG et al. [81] beschriebenen Tatsache, dass die Therapie mit Hybrid-GNE auch bei skelettaler Klasse III keine Wachstumshemmung auf die Mandibula ausübt.

Durch die Hybrid-GNE ändert der Unterkieferkörper bei Patienten mit neutraler Kieferrelation seine Lageposition sagittal und vertikal, während er durch die dentale GNE hier nur geringfügig die Lage in der Vertikalen ändert. Neben diesem Effekt resultiert aus der Therapie mit Hybrid-GNE eine deutlich stärkere Zunahme der vorderen Gesichtshöhe als durch die dentale GNE. Zusätzlich öffnet sich die vertikale, basale Relation generell mehr durch die Hybrid-GNE als durch die dental verankerte GNE, so dass bei einem skelettal bedingten Tiefbiss die Hybrid-GNE vorgezogen werden sollte.

Zu einer counterclockwise-Rotation der Maxilla und clockwise-Rotation der Mandibula mit gleichzeitiger Öffnung der vertikalen, basalen Relation kommt es nach KILINÇ et al. [62] im Rahmen der Therapie einer skelettalen mesiobasalen Kieferrelation mit Gaumennahterweiterung und Headgear-Apparatur. Nach OKTAY et al. [92] führt auch die alleinige Therapie mit maxillärer Protaktion beim Vorliegen einer skelettalen Klasse III zur sagittalen Wachstumsinduktion auf die Maxilla mit counterclockwise-Rotation bei gleichzeitiger sagittaler Wachstumshemmung der Mandibula mit clockwise-Rotation. Im Vergleich der Effekte der Le-Fort-I-Osteotomie

ohne Down-fracture mit Gesichtsmaske versus der Effekte der raschen Gaumennahterweiterung mit Gesichtsmaske stellen CAKIRER et al. [8] im Rahmen der Therapie einer skelettalen Klasse III neben der maxillären Protraktion in beiden Gruppen eine clockwise-Rotation der Mandibula fest, wohingegen die counterclockwise-Rotation der Maxilla nur bei der Gruppe mit Le-Fort-I-Osteotomie nachgewiesen werden kann.

Eindeutig lässt sich nachweisen, dass durch die Hybrid-GNE stärkere Effekte bezüglich des Einstellens einer neutralen, sagittalen basalen Kieferrelation auf Patienten mit skelettaler Klasse III resultieren als durch die dentale GNE. Somit sollte beim Vorliegen einer mesiobasalen Kieferrelation und therapeutischer Indikation einer Gaumennahterweiterungsapparatur die Hybrid-GNE vorgezogen werden. Hierbei findet durch die Hybrid-GNE gleichermaßen eine Öffnung der vertikalen, basalen Kieferrelation statt. Im Rahmen der Gaumennahterweiterung verweisen auch CAO et al. [7] auf eine Zunahme des SN/ME-Winkels im Sinne einer Öffnung der vertikalen, basalen Kieferrelation während der Therapie mit dem DMAX-2000, einem Molaren-distalisierenden Maxilla-Expander, hin, interpretieren diese Öffnung jedoch eher als Effekt der Distalisation der oberen Molaren. Die Zunahme des SN/ME-Winkels im Rahmen der Therapie mit Gaumennahterweiterung beschreiben des weiteren CHUNG et al. [12] sowie SANDIKÇIOĞLU et al. [106].

Insgesamt neigt sich der Unterkiefer während der Behandlung nach anterior-kaudal, wobei dieser Effekt insbesondere bei der dental verankerten GNE nachzuweisen ist. Dies ist hierbei in engem Zusammenhang mit der durch die dentale GNE gleichermaßen induzierte anteriore Neigung der Maxilla zu stellen. Nach CHANG et al. [10] rotiert der Unterkiefer nach unten und hinten, was auch durch TIMMS [115] und CHUNG et al. [12] beschrieben wird und mit der hier nachgewiesenen anterior-kaudalen Neigung der Mandibula gleichzusetzen ist.

Generell vollzieht sich während der Behandlung mit GNE ein clockwise-Wachstumsmuster, welches jedoch durch die Therapie mit dentaler GNE und unabhängig von der skelettalen Klasse verstärkt wird. Sofern eine neutralbasale Kieferrelation vorliegt, liegt das Rotationszentrum für das Wachstum im Bereich des Kondylus, während es bei mesiobasaler Kieferrelation weiter kranial im Bereich der Sella liegt.

Auffällig ist innerhalb dieser Studie weiterhin die Ventralverlagerung des Condylus mandibulae innerhalb der mit dentaler GNE therapierten Patienten, die jedoch nicht bei Patienten mit mesiobasaler Kieferrelation auftritt. Im Rahmen einer Studie von MASI et al. [84] konnte über die Auswertung von magnetresonanztomografischen Datensätzen jedoch nachgewiesen werden, dass die Therapie mit rascher Gaumennahterweiterung mittels Haas-Apparatur keine Effekte auf die Morphologie und Funktion des Discus articularis ausübt.

Bezüglich der Effekte auf den extrathorakalen Luftraum wird ersichtlich, dass die Hybrid-GNE hier keine Effekte ausübt, während die dental verankerte GNE generell auf Höhe der Palatinalebene eine Verschmälerung der Pharynxtiefe bewirkt, wohingegen sie auf Höhe des 4. Halswirbels eine Aufweitung der Tiefe induziert. Besonders deutlich wird dieser Effekt bei Patienten mit mesiobasaler Kieferrelation, da sich hier signifikant eine Vergrößerung der Pharynxtiefe auf Höhe der Halswirbel C3 und C4 durch die dental verankerte GNE vollzieht. Innerhalb aller mit dental verankerter GNE therapierten Patienten lässt sich eine eindeutige Korrelation zwischen der anterior-kaudalen Neigung der Mandibula und der Aufweitung der Pharynxtiefe auf Höhe von C4 nachweisen.

Im Gegensatz zur dental verankerten GNE und in Analogie zu den Ergebnissen mit Hybrid-GNE beschreiben ZAHO et al. [131] die konstante Morphologie des oropharyngealen Luftraumes vor und nach der raschen Gaumennahterweiterung im Rahmen einer retrospektiven Studie mit Hyrax-GNE therapierten Patienten und entsprechender Kontrollgruppe. Andererseits beschreiben BARATIERI et al. [3] die moderate Zunahme des Naseninnenvolumens und der Pharynxtiefe unmittelbar posterior der Nase bei im Wachstum befindlichen Patienten im Rahmen einer raschen Gaumennahterweiterung, sehen diese Therapieform genau wie GORDON et al. [42] jedoch nicht als primäre Indikation für eine Erweiterung des nasopharyngealen Luftwegs. Eine gute Möglichkeit zur Verbesserung der Symptomatik bei obstruktiver Schlafapnoe bei Kindern ohne adenoide Hypertrophie und mit maxillärer transversaler Unterentwicklung sehen hingegen PIRELLI et al. [97] in der Therapie mit rascher Gaumennahterweiterung.

Über eine Vergrößerung des Naseninnenvolumens insbesondere im anterioren Bereich des Nasenbodens berichten TAUSCHE et al. [112] und beschreiben die Effekte des gaumennahterweiternden, implantatgetragenen Dresden-Distraktors.

Hierbei sehen TAUSCHE et al. das Ausmaß der Volumenzunahme in der Lage des von der Sutur nach kranial spitz zulaufenden Rotationszentrum der Gaumennahterweiterung. Die kaudalere Lage dieses Rotationszentrums bei rein zahngetragener GNE im Vergleich zum Dresden-Distraktor mit unterschiedlichem und skelettalen Kraftansatz könnte nach TAUSCHE et al. [112] die Ursache für die geringere Volumenzunahme im Bereich des Nasenbodens bei rein zahngetragener GNE sein. Auch CHUNG et al. [12] weisen auf die Zunahme der Weite der Nasenhöhle durch die Therapie mit GNE hin.

Im Rahmen der kombinierten Therapie mit GNE und maxillärer Protraktion durch den Headgear bei skelettal mesiobasaler Kieferrelation beschreiben weiterhin KILINÇ et al. [62] die Zunahme des naso- und oropharyngealen Luftraumes. Nach CAKIRER et al. [8] hingegen führt die Therapie der skelettalen Klasse III sowohl mit Le-Fort-I-Osteotomie und Gesichtsmaske als auch mit rascher Gaumennahterweiterung und Gesichtsmaske zu einer Zunahme des nasopharyngealen, nicht jedoch oropharyngealen Luftraums.

Unabhängig von der Therapie mit GNE beschreiben IWASAKI et al. [56] sowie KITHAHARA et al. [64] das Vorliegen eines generell größeren oropharyngealen Luftraumes bei Patienten mit skelettaler Klasse III und entsprechend anterior verlagert Mandibula im Vergleich zu Patienten mit neutralbasaler Kieferrelation. Die positive Korrelation zwischen SNB und der Weite des oropharyngealen Luftraums beschreiben weiterhin EL et PALOMO [23] sowie HONG et al. [54]. Dabei kann die sagittale Lage des extrathorakalen Luftraumes bei Klasse-III-Patienten nach GRAUER et al. [43] in Bezug auf die anatomischen Nachbarstrukturen als nach vertikal orientiert bezeichnet werden, wohingegen der extrathorakale Luftraum bei Klasse-II-Patienten eher nach anterior gekippt erscheint. Im Vergleich adulter Klasse-I-Patienten und Klasse-III-Patienten beschreiben HONG et al. [54] eine größere Weite der kaudalen Abschnitte des extrathorakalen Luftraumes im axialen Schnitt und die generelle Volumenzunahme in kranialen Abschnitten des extrathorakalen Luftraumes bei mesiobasaler Kieferrelation. Im Rahmen einer chirurgisch unterstützten Dorsalverlagerung der Mandibula bei Klasse-III-Patienten erfolgt nach KITHAHARA et al. [64] eine Abnahme des extrathorakalen Luftraumes in dessen kaudalen Abschnitten. Gleichzeitig kommt es nach JAKOBSONE et al. [57] im Rahmen einer bimaxillären Umstellungsosteotomie zu einer Zunahme der Tiefe des extrathorakalen Luftraumes im nasopharyngealen Bereich sofern die Maxilla dabei

≥2mm bewegt wird um 13-21%, die die gleichzeitige Abnahme der Tiefe des extrathorakalen Luftraumes im Rahmen der Unterkieferrückverlagerung im Bereich des Hypopharynx kompensiert. Beim Vorliegen einer skelettalen Klasse III mit orthognather Mandibula und retrognather Maxilla ohne transversale Diskrepanzen, die mit einer Headgear-Apparatur therapiert werden, beschreiben KAYGISIZ et al. [61] die Zunahme des naso- und oropharyngealen Luftraums, dessen Stabilität auch noch nach 4 Jahren nachzuweisen ist.

Im Gesamtkollektiv sowie innerhalb der Gruppe „Hybrid-GNE“ und „Hybrid-GNE mit skelettaler Klasse I“ erfolgen während des Behandlungszeitraums sowohl eine Verlängerung der Epiglottis sowie eine Ventralverlagerung derselben, was als genereller Wachstumseffekt durch die Hybrid-GNE interpretiert werden kann. Gleichzeitig vergrößert sich die Distanz zwischen der Epiglottis und den anatomischen Bezugspunkten wie Nasion, Sella und Menton innerhalb der Gruppe „Hybrid-GNE“, was hier erneut den positiven Effekt der Wachstumsbeeinflussung durch diese Form der GNE – unabhängig von der prätherapeutischen skelettalen Klasse - offenbart.

Zusätzlich kann auf Höhe der Epiglottis von einer Zunahme des Abstandes zwischen HWS und Epiglottis im Sinne der Verlagerung nach ventral durch die Hybrid-GNE ausgegangen werden. Während so auf Höhe des 3. und 4. Halswirbels wie oben beschrieben eine Größenzunahme des extrathorakalen Luftraum durch die dental verankerte GNE stattfindet, kann hier auf Höhe der Epiglottis eine signifikante Zunahme des Abstandes zwischen Epiglottis und HWS bei Patienten (generell mit Hybrid-GNE und) mit neutralbasaler Kieferrelation nachgewiesen werden, wohingegen dieser Abstand bei dentaler GNE im Sinne einer geringfügigen Dorsalverlagerung der Epiglottis hier sogar abnimmt. Im Gegensatz zu diesem Ergebnis bei Patienten mit neutralbasaler Kieferrelation und Hybrid-GNE erfährt die Epiglottis innerhalb der Gruppe mit mesiobasaler Kieferrelation und dental verankerter GNE eine Ventralverlagerung, während die Epiglottis bei Hybrid-GNE und entsprechender Kieferrelation nach kaudal verlagert wird. Diese Kaudalverlagerung lässt sich tendenziell auch bei Klasse-I-Patienten und Hybrid-GNE nachweisen.

Innerhalb der Therapiezeit mit der GNE erfolgt ein vertikales Wachstum zwischen der Schädelbasis und dem Hyoid, was insbesondere durch die Hybrid-GNE zu verzeichnen ist, wobei sich eine simultane Ventralverlagerung des Hyoids vollzieht. Aus der Therapie mit dentaler GNE erfolgt hingegen generell und auch spezifisch in den Untergruppen jeweils eine Dorsalverlagerung des Hyoids.



## 5.6. Prognose

Die Analyse der Effekte der Hybrid-GNE im Vergleich zur dental verankerten GNE erfolgt in dieser Studie über die Auswertung zweidimensionaler FRS-Aufnahmen. Daher werden die Längenänderungen zwischen definierten Messpunkten in der Sagittalen und Vertikalen sowie verschiedene Winkel und Flächen ermittelt. Da die FRS den Schädel in der norma lateralis darstellen, können so keine transversalen Effekte durch die beiden GNE-Arten analysiert werden. Dabei wird auch der extrathorakale Luftraum im Sinne des dreidimensionalen extrathorakalen Luftschlauches lediglich zweidimensional ausgewertet.

Um die Effekte der GNE zukünftig dreidimensional bewerten zu können, ist auch eine Auswertung von Computertomographie-Datensätzen z.B. über die Software „OsiriX“ (Mac OS X, Version 3.8, GNU General Public License) im Sinne eines Postprocessing der Datensätze möglich [55]. OsiriX ist ein Open-Source-Bildbearbeitungsprojekt für medizinische Bilder, deren Quelltext beliebig genutzt und verändert werden kann [125]. Hierbei entsteht aus CT-Datensätzen durch Aufbereitung eine Computersimulation, die den Schädel mit Hart- und Weichgewebsstrukturen dreidimensional darstellt. Über diverse Tools können an dieser Simulation dann Strecken und Flächen in allen Dimensionen des Raumes ermittelt sowie ein Volume Rendering (Rauminhaltsdarstellung) vorgenommen werden [125].

Nach einer Studie von HARTMANN [93], der die konventionelle im Vergleich zur dreidimensionalen Kephalometrie untersucht, kommt es beim Vergleich zwischen der Auswertung eines zweidimensionalen FRS und der Auswertung eines dreidimensionalen CTs mit einer Häufigkeit von 66% zu Messdifferenzen von  $\geq 1\text{mm}$  bzw.  $\geq 1^\circ$  im Paramedianschnitt, im Medianschnitt jedoch nur mit einer Häufigkeit von 25%. Gleichzeitig unterscheiden sich 2 unabhängige Untersucher häufiger und deutlicher bei der Auswertung eines dreidimensionalen Bildes als bei einer vergleichbaren Analyse auf Grundlage eines zweidimensionalen Bildes.

Neben der Analyse mittels CT-Datensätzen, deren Qualität durch Metallartefakte beeinträchtigt sein kann, können im Kopf-Hals-Bereich auch Magnetresonanztomographie-Datensätze zur Diagnostik herangezogen werden, die zwar einen hohen Gewebekontrast ermöglichen, jedoch durch die lange Untersuchungszeit die Gefahr von Bewegungsartefakten bedingen [45].

**6. LITERATURVERZEICHNIS**

- 1 Angell EC (1859-1860) The Permanent or Adult Teeth. San Fran Med Press 1: 20-30, (83-93), 145-150
- 2 Angell EH (1859-1860) Treatment of Irregularities of Permanent or Adult Teeth. Dent Cos 1: 540-544, 599-600
- 3 Baratieri C, Alves M, Gomes de Souza MM, de Souza Araújo MT, Cople Maia L (2011) Does rapid maxillary expansion have long-term effects on airway dimensions and breathing?. Am J Orthod 140.2: 146-156
- 4 Biedermann W (1973) Rapid Correction of Class III Malocclusion by Midpalatal Expansion. Am J Orthod 64: 47-55
- 5 Brogan WF (1972) Unpub. Seminar. Manchester Dental School
- 6 Burstone CJ (1958) The integumental profile. Am J Orthodont 29: 93
- 7 Cao Y, Zhou Y, Song Y, Varnarsdall RLJ (2009) Cephalometric study of slow maxillary expansion in adults. Am J Orthod 136.3: 348-354
- 8 Cakirer B, Kucukkeles N, Nevzatoglu S, Koldas T (2011) Sagittal airway changes: rapid palatal expansion versus Le Fort I osteotomy during maxillary protraction. Eur J Orthod
- 9 Ceylan I, Oktay H, Demirei M (1996) The effect of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. Am J Orthod 66: 301
- 10 Chang JY, Mc Namara JA, Herberger TA (1997) A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion. Am J Orthod 112: 330-337

- 11 Christ B. Entwicklung des Skelett- und Muskelsystems. In: Drenkhahn D (2003) Anatomie, Band I. Urban&Fischer. 16. Auflage. München: 513
- 12 Chung CH, Font B (2004) Skeletal and dental changes in the sagittal, vertical, and transverse dimensions after rapid palatal expansion. Am J Orthod 125.5: 569-575
- 13 Cozzani M, Rosa M, Cozzani P, Sicilliani G (2008) Milchmolarenverankerte Gaumennahterweiterung im Wechselgebiss: Veränderung der Sechsjahresmolaren bei Patienten mit oder ohne seitlichen Kreuzbiss. Inf Orthod Kieferorthop 40: 125-131
- 14 Dahlberg G (1940) Statistical methods for medical and biological students. Interscience Publications. New York
- 15 Derichsweiler H (1953) Die Gaumennahtsprengung. Fort d Kieferorthop 14: 5
- 16 Derichsweiler H (1956) Gaumennahterweiterung - Methode, Indikation und klinische Bedeutung. Carl Hanser. München
- 17 Drenkhahn D (2003) Anatomie, Band I. Urban&Fischer. 16. Auflage. München: 595
- 18 Drenkhahn D (2003) Anatomie, Band I. Urban&Fischer. 16. Auflage. München: 625
- 19 Drenkhahn D (2003) Anatomie, Band I. Urban&Fischer. 16. Auflage. München: 628
- 20 Dunker HR, Kummer W. Atemsystem. In: Drenkhahn D (2003) Anatomie, Band I. Urban&Fischer. 16. Auflage. München: 538
- 21 Dunker HR, Kummer W. Atemsystem. In: Drenkhahn D (2003) Anatomie, Band I. Urban&Fischer. 16. Auflage. München: 552

- 22 Ehrenfeld M, Schwenger N, Bacher M. Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten und Gesichtsspalten. In: Schwenger N, Ehrenfeld M (2002) Zahn-Mund-Kieferheilkunde, Spezielle Chirurgie, Band II. Thieme. 3. Auflage. Stuttgart: 205
  
- 23 El H, Palomo JM (2011) Airway volume for different dentofacial skeletal patterns. *Am J Orthod* 139.6: e511-e521
  
- 24 Enlow DH (1975) *Handbook of facial growth*. Saunders. Philadelphia-London-Toronto
  
- 25 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) *Waldeyer Anatomie des Menschen*. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 205
  
- 26 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) *Waldeyer Anatomie des Menschen*. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 233
  
- 27 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) *Waldeyer Anatomie des Menschen*. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 299
  
- 28 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) *Waldeyer Anatomie des Menschen*. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 302

- 29 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) Waldeyer Anatomie des Menschen. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 303
- 30 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) Waldeyer Anatomie des Menschen. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 309
- 31 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) Waldeyer Anatomie des Menschen. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 325
- 32 Fanghänel J, Giebel J, Koppe T, Miehe B, Splieth C, Kocher T, Weingärtner J, Kubein-Meesenburg D. Kopf, Cranium, und Hals, Collum. In: Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) Waldeyer Anatomie des Menschen. de Gruyter. 17. Auflage. Berlin: 336
- 33 Foster TD, Walpole Day AJ (1973) A survey of malocclusion and need for orthodontic treatment in a Shropshire school population. *Brit J Orthod* 1: 73
- 34 Fuck L, Wilmes B, Drescher D (2008) Rapid palatal expansion with a transpalatal distractor. *Kieferorthopädie* 22: 251-258
- 35 Fuhrmann R, Langen HJ, Günther R, Diedrich P (1994) Radiologische Diagnostik artifizierlicher intraalveolärer Knochendefekte. *Deutsche Zahnärztl Z* 49: 336
- 36 Goddard CL (1893) Separation of the Superior Maxilla at the Symphysis. *Dent Cos* 33: 880

- 37 Goddard CL (1893) Separation of the Superior Maxilla at the Symphysis. *Dent Cos* 33: 880-884
- 38 Göz G. Rasche Gaumenerweiterung. In: Diedrich P (2000) *Kieferorthopädie II*. Elsevier. München: 275
- 39 Göz G. Rasche Gaumenerweiterung. In: Diedrich P (2000) *PDZ Kieferorthopädie II*. Elsevier. München: 274-275
- 40 Göz G. Rasche Gaumenerweiterung. In: Diedrich P (2000) *PDZ Kieferorthopädie II*. Elsevier. München: 272
- 41 Göz G. Rasche Gaumenerweiterung. In: Diedrich P (2000) *PDZ Kieferorthopädie II*. Elsevier. München: 273
- 42 Gordon JM, Rosenblatt M, Witmans M, Carey JP, Heo G, Major PW, Flores-Mir C (2009) Rapid Palatal Expansion Effects on Nasal Airway Dimensions as Measured by Acoustic Rhinometry. *Angle Orthod* 79.5: 1000-1007
- 43 Grauer D, Cevidanes LSH, Styner MA, Ackerman JL, Proffit WR (2009) Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: Relationship to facial morphology. *Am J Orthod* 136.6: 805-814
- 44 Gray LP (1975) Results of 310 Cases of Rapid Maxillary Expansion Selected for Medical Reasons. *Ibid* 89: 601-614
- 45 Grees H, Lell M, Römer W, Bautz W (2002) Indikation und Aussagekraft von CT und MRT im Kopf-Hals-Bereich. *HNO* 50.7: 611-625
- 46 Guimpel R (1968) Disjonction, Respiration et Phonation. *Orthod Fr* 39: 495-508

- 47 Hansen L, Tausche E, Hietschold V, Hotan T, Lagravère M, Harzer W (2007) Skelettally-anchored Rapid Maxillary Expansion using the Dresden Distractor. *J Orofac Orthop* 68: 148-158
- 48 Harzer W, Reusser L, Hansen L, Richter R, Nagel T, Tausche E (2010) Minimally invasive rapid palatal expansion with an implant-supported hyrax screw. *Biomed Tech. Berlin*: 39-45
- 49 Hassdenteufel DM (2009) Die forcierte Gaumennahterweiterung – klinischer Vergleich zweier Systeme.  
[http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2009/2282/pdf/Daniel\\_Hassdenteufel\\_Die\\_forcierte\\_Gaumennahterweiterung\\_.pdf](http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2009/2282/pdf/Daniel_Hassdenteufel_Die_forcierte_Gaumennahterweiterung_.pdf)
- 50 Hershey HG, Stewart BL, Warren DW (1976) Changes in nasal airway resistance associated with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod* 69: 274
- 51 Hochban W (1995) Das obstruktive Schlafapnoesyndrom - Diagnostik und Therapie unter besonderer Berücksichtigung kraniofazialer Anomalien. Blackwell Wissenschaft. Berlin: 7
- 52 Hochban W (1995) Das obstruktive Schlafapnoesyndrom - Diagnostik und Therapie unter besonderer Berücksichtigung kraniofazialer Anomalien. Blackwell Wissenschaft. Berlin: 8
- 53 Holdaway RA (1956) Changes in relationship of point A and point B. *Am J Orthodont* 42: 176
- 54 Hong JS, Oh KM, Kim BR, Kim YJ, Park YH (2011) Three-dimensional analysis of pharyngeal airway volume in adults with anterior position of the mandible. *Am J Orthod*: e161-e169
- 55 <http://de.m.wikipedia.org/wiki/OsiriX>

- 56 Iwasaki T, Hayasaki H, Takemoto Y, Kanomi R, Yamasaki Y (2009) Oropharyngeal airway in children with Class III malocclusion evaluated by cone-beam computed tomography. *Am J Orthod* 318.e1-318.e9
- 57 Jacobsone G, Stenvik A, Espeland L (2011) The effect of maxillary advancement and impaction on the upper airway after bimaxillary surgery to correct Class III malocclusion. *Am J Orthod* 139.4: e369-e376
- 58 Jäger A. Diagnostik und Therapie des seitlichen Kreuzbisses. In: Diedrich P (2000) PDZ. Kieferorthopädie II. Elsevier. München: 378
- 59 Jäger A. Diagnostik und Therapie des seitlichen Kreuzbisses. In: Diedrich P (2000) PDZ. Kieferorthopädie II. Elsevier. München: 387
- 60 Kang S, Lee SJ, Ahn SJ, Heos MS, Kim TW (2007) Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod* 131: 74-81
- 61 Kaygisiz E, Tuncer BB, Yüskel S, Tuncer C, Yildiz C (2009) Effects of Maxillary Protraction and Fixed Appliance Therapy on the Pharyngeal Airway. *Angle Orthod* 79.4: 660-667
- 62 Kiliñç AS, Arslan SG, Kama JD, Özer T, Dari O (2008) Effects on the sagittal pharyngeal dimensions of protraction and rapid palatal expansion in Class III malocclusion subjects. *Eur J Orthod* 30: 61-66
- 63 Kitamura H (1996) 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 J* 3: 204
- 64 Kithahara T, Hoshino Y, Maruyama K, In E, Takahashi I (2010) Changes in the pharyngeal airway space and hyoid bone position after mandibular setback surgery for skeletal Class III deformity in Japanese women. *Am J Orthod* 138.6: 708.e1-708.e10



- 65 Klier B, Zenk W (2005) Stellt die Gaumennahterweiterung mittels Palatinaldistraktor eine Alternative zur chirurgisch unterstützten Erweiterung mit einer Hyrax-Schraube dar?. *Kieferorthop* 19: 9-16
- 66 Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H (2004) Age-Related Changes in the Midpalatal Suture – A Histomorphometric study. *J Orofac Orthop* 65: 467-474
- 67 Korbmacher H, Huck L, Merkle T, Kahl-Nieke B (2005) Clinical Profile of Rapid Maxillary Expansion – Outcome of a National Inquiry. *J Orofac Orthop* 66: 455-468
- 68 Korbmacher H, Schilling A, Püschel K, Amling M, Kahl-Nieke B (2007) Age-dependent Three-dimensional Microcomputed Tomography Analysis of the Human Midpalatal Suture. *J Orofac Orthop* 68: 364-376
- 69 Krebs A (1958) Expansion of the Midpalatal Suture, Studied by means of Metallic Implants. *Trans E O S*: 163-171
- 70 Kunkel M, Ekert O, Wagner W (2007) Veränderungen des nasalen Atemwegs durch transversale Distraction des Oberkiefers. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 3.1: 12- 16
- 71 Lee RS, Daniel FJ, Swartz M, Baumrind S, Korn EL (1987) Assessment of a method for the prediction of mandibular rotation. *Am J Orthodont Dentofacial Orthop* 91: 395
- 72 Lippert H (2003) *Lehrbuch Anatomie*. Elsevier. 6. Auflage. München: 622-623
- 73 Lippert H (2003) *Lehrbuch Anatomie*. Elsevier. 6. Auflage. München: 636
- 74 Lippert H (2003) *Lehrbuch Anatomie*. Elsevier. 6. Auflage. München: 640
- 75 Lippert H (2003) *Lehrbuch Anatomie*. Elsevier. 6. Auflage. München: 657

- 76 Lippert H (2003) Lehrbuch Anatomie. Elsevier. 6. Auflage. München: 660
- 77 Lisson JA, Kjær I (1997) Location of Alveolar Clefts Relative to the Incisive Fissure. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 34.4.: 292-296
- 78 Ludwig B, Glasl B, Bock F, Bock J, Goldbecher H, Lietz T, Lisson JA (2009) Selbstligierende Brackets. Konzepte und Behandlung. Thieme. 1. Auflage. Stuttgart: 135
- 79 Ludwig B, Glasl B, Bock F, Bock J, Goldbecher H, Lietz T, Lisson JA (2009) Selbstligierende Brackets. Konzepte und Behandlung. Thieme. 1. Auflage. Stuttgart: 136
- 80 Ludwig B, Glasl B, Bock F, Bock J, Goldbecher H, Lietz T, Lisson JA (2009) Selbstligierende Brackets. Konzepte und Behandlung. Thieme. 1. Auflage. Stuttgart: 155
- 81 Ludwig B, Glasl B, Bowman SJ, Drescher D, Wilmes B (2010) Miniscrew-Supported Class III Treatment with the Hybrid RPE Advancer. *J Clin Orthod* 44.9: 533-539
- 82 Ludwig B, Glasl B, Zorkun B, Wilmes B, Kinzinger G, Lisson J (2009) Forcierte Gaumennahterweiterung mit skelettalem Kraftansatz: die Hybrid-GNE. *Kieferorthopädie*. Quintessenz. Berlin: 267-274
- 83 Markwardt AW (1961) Vorläufige Erfahrungen über die Auswirkung der Gaumennahterweiterung auf das Hilfsschulkind. *Fort d Kieferorthop* 22: 359-364
- 84 Masi M, Lederman HM, Yamashita HK, de Arruda Aidar LA (2009) Temporomandibular joint evaluation with magnetic resonance imaging in children with functional unilateral posterior crossbite, treated with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod* 136.2: 207-217

- 85 Melsen B (1975) Palatal growth Studied on Human Autopsy Material. Am J Orthodont 68: 42-54
- 86 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Diedrich P (2000) PDZ. Kieferorthopädie I. Elsevier. 4. Auflage. München: 33
- 87 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Diedrich P (2000) PDZ-Studienausgabe. Kieferorthopädie I. Elsevier. 4.Auflage. München: 24
- 88 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Diedrich P (2000) PDZ-Studienausgabe. Kieferorthopädie I. Elsevier. 4. Auflage München: 25
- 89 Miethke RR. Schädelentwicklung. In: Diedrich P (2000) PDZ-Studienausgabe. Kieferorthopädie I. Elsevier. 4. Auflage. München: 30-31
- 90 Mommaerts MY (1999) Transpalatinal distraction as a method of maxillary expansion. Br J Oral Maxillofac Surg 37: 268-272
- 91 Noss, M (2010) Vergleich einer modifizierten GNE-Apparatur mit herkömmlichen Apparaturen zur Transversalerweiterung.  
[http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2010/3414/pdf/Dissertation\\_Michael\\_Noss\\_ohne\\_Lebenslauf.pdf](http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2010/3414/pdf/Dissertation_Michael_Noss_ohne_Lebenslauf.pdf)
- 92 Oktay H, Ulukaya E (2008) Maxillary Protraction Appliance Effect on the Size of the Upper Airway Passage. Angle Orthod 78.2: 209-214
- 93 opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2010/5140/pdf/Dissertation\_Hartmann\_Stefan.pdf
- 94 Persson M (1973) Structures and Growth of Facial Sutures. Odont Revy 24: 26
- 95 Persson M (1976) Closure of Facial Sutures. A Preliminary Report. Trans E O S: 249-253

- 96 Persson M, Thilander B (1977) Palatal Suture Closure in Man from 15-35 years of Age. *Am J Orthodont* 72: 42-52
- 97 Pirelli P, Saponara M, Guilleminault C (2004) Rapid Maxillary Expansion in Children with Obstructive Sleep Apnea Syndrome. *SLEEP* 27.4: 761-766
- 98 Putz R, Pabst R (2004) Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen. Elsevier. 21. Auflage. München: 52, Abb.91
- 99 Putz R, Pabst R (2004) Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen. Elsevier. 21. Auflage. München: 107, Abb.191
- 100 Putz R, Pabst R (2004) Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen. Elsevier. 21. Auflage. München: 390, Abb.682
- 101 Putz R, Pabst R (2004) Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen. Elsevier. 21. Auflage. München: 52, Abb.90
- 102 Sadler TW (2003) Medizinische Embryologie – Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. Thieme. 10. Auflage. Stuttgart: 248
- 103 Sadler TW (2003) Medizinische Embryologie – Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. Thieme. 10. Auflage. Stuttgart: 324
- 104 Sadler TW (2003) Medizinische Embryologie – Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. Thieme. 10. Auflage. Stuttgart: 330
- 105 Sadler TW (2003) Medizinische Embryologie – Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. Thieme. 10. Auflage. Stuttgart: 345
- 106 Sandikçiolu M, Hazar S (1997) Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *Am J Orthod* 111.3: 321-327
- 107 Schneider H (2002) Kieferorthopädie. Apollonia. 8. Auflage. Linnich: 22

- 108 Schroeder-Benseler (1911) Das Palatum durum und seine Beziehung zur Orthodontie. Z Zahnärztl Orthop 1,1
- 109 Schroeder-Benseler (1912) Einleitende anatomische Betrachtungen über Kieferdehnung. Z Zahnärztl Orthop 1,1
- 110 Schwenzer N, Ehrenfeld M (2002) Zahn-Mund-Kieferheilkunde, Spezielle Chirurgie, Band II. Thieme. 3. Auflage. Stuttgart: 397
- 111 Sillman JH (1964) Dimensional changes of the dental arches: Longitudinal study from birth to 25 years. Am J Orthodont 50: 824
- 112 Tausche E, Deeb W, Hansen L, Hietschold V, Harzer W, Schneider M (2009) CT Analysis of Nasal Volume Changes after Surgically-assisted Rapid Maxillary Expansion. J Orofac Orthop 70: 306-317
- 113 Timms DJ (1974) Some Medical Aspects of Rapid Maxillary Expansion. Brit J Orthod 1: 127-132
- 114 Timms DJ (1974) Treatment of Collapse in Cleft Palates by Rapid Expansion and Bone Grafting. Trans E O S: 119-121
- 115 Timms DJ (1986) Forcierte Gaumennahterweiterung, Quintessenz. Berlin
- 116 Timms DJ (1986) Forcierte Gaumennahterweiterung. Quintessenz. Berlin: 116
- 117 Timms DJ (1986) Forcierte Gaumennahterweiterung. Quintessenz. Berlin: 18
- 118 Timms DJ (1986) Forcierte Gaumennahterweiterung. Quintessenz. Berlin: 21
- 119 Timms DJ (1986) Forcierte Gaumennahterweiterung. Quintessenz. Berlin: 33,34
- 120 Timms DJ (1986) Forcierte Gaumennahterweiterung. Quintessenz. Berlin: 34

- 121 Timms DJ (1986) Forcierte Gaumennahterweiterung. Quintessenz. Berlin: 68
- 122 Timms DJ (1986) The effect of rapid maxillary expansion on nasal airway resistance. *Brit J Orthod* 13: 221
- 123 Timms DJ (1990) Rapid maxillary expansion in the treatment of nocturnal enuresis. *Angle Orthod* 60: 229
- 124 Velazquez P, Benito E, Bravo LA (1996) Rapid maxillary expansion: A study of the long-term effect. *Am J Orthod* 109: 361
- 125 Weidenhagen R, Meimarakis G, Jauch KW, Becker CR, Kopp R (2008) Osirix: Eine Open-Source-Lösung für die Planung von Aortengrafts. *Gefäßchirurgie* 13.4: 278-290
- 126 Wertz RA, Dreskin M (1977) Midpalatal Suture Opening: A Normative Study. *Am J Orthod* 71: 367-381
- 127 Whittaker DK (1986) Occlusal and approximal wear in Romano-British skulls. In: Cruwys E, Foley RA (1986) *Teeth and anthropology*. BAR International Series. Oxford
- 128 Whittaker DK, Molleson T, Daniel AT, Williams JT, Rose P, Resteghini R (1985) Quantitative assessment of tooth wear, alveolar-crest height and continuing eruption in a Romano-British population. *Archives of Oral Biol* 30: 493-501
- 129 Wilmes B, Drescher D (2008) A miniscrew system with interchangeable abutments. *J Clin Orthod* 42: 574-580
- 130 Wilmes B, Nienkemper M, Lübberink G, Ludwig B, Drescher D (2011) Anwendung und Effektivität einer auf Zähnen und Miniimplantaten abgestützten Apparatur zur Gaumennahterweiterung: die Hybridhyrax. *Kieferorthop* 25.2: 115-123

- 131 Zhao Y, Nguyen M, Gohl E, Mah JK, Sameshima G, Enciso R (2010) Oropharyngeal airway changes after rapid palatal expansion evaluated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod* 137.4: S71-S78

## 7. ANHANG

Es folgt die tabellarische Auflistung der dieser Studie zu Grunde liegenden, statistisch ermittelten Daten, sortiert nach folgendem Schema:

- Signifikanzniveau der Parameter nach Tests auf Normalverteilung zum Zeitpunkt T1, T2 und aus der Differenz zwischen T1 und T2 (*Tabelle 1-2*)
- Mittelwerte und dazugehörige Standardabweichung aller Parameter zum Zeitpunkt T1, T2 und aus der Differenz zwischen T1 und T2 sowie das dazugehörige Signifikanzniveau aus dem Gesamtkollektiv (*Tabelle 3-4*)
- Mittelwerte und dazugehörige Standardabweichung aller Parameter aus der Differenz zwischen dem Zeitpunkt T1 und T2 mit dem jeweilig dazugehörigen „intra“-Signifikanzniveau aus beiden Hauptgruppen (PG 1 und PG 2) sowie das vergleichende „inter“-Signifikanzniveau (*Tabelle 5-6*)
- Mittelwerte und dazugehörige Standardabweichung aller Parameter aus der Differenz zwischen dem Zeitpunkt T1 und T2 mit dem jeweilig dazugehörigen „intra“-Signifikanzniveau für die Untergruppe mit skelettaler Klasse I „GNE dental“ (PG 1 (I)) und skelettaler Klasse I „Hybrid-GNE“ (PG 2 (I)) sowie das vergleichende „inter“-Signifikanzniveau (*Tabelle 7-8*)
- Mittelwerte und dazugehörige Standardabweichung aller Parameter aus der Differenz zwischen dem Zeitpunkt T1 und T2 mit dem jeweilig dazugehörigen „intra“-Signifikanzniveau für die Untergruppe mit skelettaler Klasse III „GNE dental“ (PG 1 (III)) und skelettaler Klasse III „Hybrid-GNE“ (PG 2 (III)) sowie das vergleichende „inter“-Signifikanzniveau (*Tabelle 9-10*)
- Korrelationen zwischen Pharynxstrecken und Strukturen an Maxilla und Mandibula für das Gesamtkollektiv, die Haupt- und Untergruppen (*Tabelle 11-22*)



Tabelle 1: Tests auf Normalverteilung, Strukturen des Schädels

Parameter		p T1	p T2	Δ p
<b>Maxilla</b>				
S-SPA	mm	0,156	0,063	0,042
S-SPP	mm	0,200	0,062	0,002
N-SPA	mm	0,200	0,200	0,200
N-SPP	mm	0,200	0,200	0,000
Ba-SPP	mm	0,082	0,008	0,047
Ba-S-SPP	°	0,200	0,200	0,076
SN-SPA	°	0,097	0,200	0,200
SPP-SPA-BaN	°	0,030	0,200	0,101
SN/OE	°	0,200	0,200	0,200
SPA-N-Pog	°	0,200	0,200	0,060
SN/PE	°	0,200	0,200	0,200
SNA	°	0,063	0,200	0,200
<b>Mandibula</b>				
S-Go	mm	0,200	0,157	0,200
N-Gn	mm	0,155	0,200	0,041
N-Me	mm	0,123	0,200	0,058
N-Pog	mm	0,200	0,200	0,129
Ba-Pog	mm	0,200	0,097	0,019
Cod-Pog	mm	0,200	0,197	0,013
SNB	°	0,200	0,200	0,023
ANB	°	0,008	0,200	0,200
SN/ME	°	0,200	0,200	0,106
PE/ME	°	0,200	0,200	0,049
Summenwinkel	°	0,200	0,200	0,107
N-S-Ar	°	0,200	0,200	0,200
S-Ar-Go	°	0,200	0,200	0,047
Ar-Go-Me	°	0,200	0,200	0,009
SN-Pog	°	0,189	0,191	0,002
<b>Zähne</b>				
OK1-PTV	mm	0,200	0,031	0,200
UK1-PTV	mm	0,200	0,035	0,200
OK6-PTV	mm	0,200	0,121	0,200
UK6-PTV	mm	0,200	0,000	0,200
Overjet	mm	0,001	0,000	0,001
Overbite	mm	0,000	0,000	0,001
OK1-PE	°	0,200	0,200	0,045
OK1-SN	°	0,200	0,200	0,200
UK1-ME	°	0,200	0,200	0,200
<b>Zusatz</b>				
Cod-PTV	mm	0,111	0,200	0,163
N-Ba-Pog	°	0,143	0,200	0,113
N-S-Ba	°	0,200	0,167	0,021
S-Ba-Pog	°	0,200	0,200	0,036

Tabelle 2: Tests auf Normalverteilung, Strukturen des Luftweges

Parameter		p T1	p T2	Δ p
<b>Velum</b>				
UV-LV	mm	0,030	0,200	0,200
SPP-VT	mm	0,073	0,200	0,200
Velum area	mm <sup>2</sup>	0,200	0,144	0,200
<b>Pharynx</b>				
P1	mm	0,200	0,070	0,122
P2	mm	0,200	0,200	0,098
P3	mm	0,200	0,037	0,200
P4	mm	0,068	0,078	0,200
P5	mm	0,200	0,100	0,015
P6	mm	0,200	0,200	0,200
<b>Epiglottis</b>				
EB-aC2	mm	0,200	0,000	0,200
EB-aC3	mm	0,200	0,012	0,200
EB-aC4	mm	0,200	0,001	0,030
EB-S	mm	0,200	0,200	0,200
EB-N	mm	0,200	0,200	0,200
EB-Me	mm	0,039	0,016	0,031
Go-Me-EB	°	0,200	0,161	0,200
N-S-EB	°	0,200	0,200	0,200
SPA-SPP-EB	°	0,200	0,200	0,200
ET-aC2	mm	0,024	0,031	0,200
ET-aC3	mm	0,200	0,000	0,044
ET-aC4	mm	0,200	0,012	0,027
ET-S	mm	0,176	0,200	0,200
ET-N	mm	0,200	0,200	0,200
ET-Me	mm	0,200	0,015	0,063
ET-pP6	mm	0,101	0,170	0,053
ET-EB	mm	0,200	0,087	0,010
Go-Me-ET	°	0,040	0,200	0,200
N-S-ET	°	0,200	0,200	0,184
SPA-SPP-ET	°	0,200	0,200	0,200
<b>Hyoid</b>				
H-aC2	mm	0,047	0,200	0,148
H-aC3	mm	0,056	0,017	0,035
H-aC4	mm	0,200	0,002	0,058
H-S	mm	0,166	0,200	0,107
H-N	mm	0,200	0,200	0,107
H-Me	mm	0,200	0,092	0,200
H-Go	mm	0,200	0,008	0,200
N-S-H	°	0,185	0,200	0,034
SPA-SPP-H	°	0,200	0,200	0,028
Me-Go-H	°	0,002	0,012	0,006

Tabelle 3: Gesamtkollektiv Vergleich T1 und T2, Strukturen des Schädels

Parameter		Ø T1	±StaAbw T1	Ø T2	±StaAbw T2	T1 - T2	p
<b>Maxilla</b>							
S-SPA	mm	76,31	5,20	76,91	6,74	-0,61	0,193
S-SPP	mm	45,14	3,75	45,30	4,36	-0,16	0,557
N-SPA	mm	44,77	4,56	46,27	4,70	-1,49	0,000
N-SPP	mm	63,24	5,69	64,61	6,54	-1,37	0,002
Ba-SPP	mm	44,39	4,32	43,59	4,79	0,80	0,062
Ba-S-SPP	°	60,21	5,45	58,54	5,46	1,67	0,000
SN-SPA	°	84,91	4,79	84,82	4,98	0,10	0,764
SPP-SPA-BaN	°	25,06	3,59	26,04	3,77	-0,98	0,000
SN/OE	°	16,87	5,15	17,17	4,92	-0,30	0,366
SPA-N-Pog	°	3,51	3,64	3,84	3,82	-0,33	0,226
SN/PE	°	4,29	4,39	5,17	4,47	-0,89	0,001
SNA	°	81,11	4,34	81,72	4,60	-0,61	0,007
<b>Mandibula</b>							
S-Go	mm	71,95	6,56	73,98	7,37	-2,03	0,000
N-Gn	mm	105,87	9,40	109,24	10,37	-3,37	0,000
N-Me	mm	106,75	9,42	110,17	10,46	-3,42	0,000
N-Pog	mm	102,36	9,19	105,87	10,06	-3,50	0,000
Ba-Pog	mm	101,20	8,46	102,55	10,34	-1,35	0,035
Cod-Pog	mm	104,74	8,25	106,37	10,16	-1,63	0,014
SNB	°	80,76	5,35	80,11	4,93	0,66	0,017
ANB	°	0,74	3,05	1,35	2,97	-0,60	0,008
SN/ME	°	31,77	6,48	33,10	6,63	-1,33	0,000
PE/ME	°	27,48	5,37	27,93	5,80	-0,45	0,065
Summenwinkel	°	391,77	6,48	393,10	6,63	-1,33	0,000
N-S-Ar	°	120,44	6,22	120,71	6,10	-0,27	0,402
S-Ar-Go	°	140,38	7,18	140,97	7,82	-0,59	0,344
Ar-Go-Me	°	130,95	7,49	131,44	7,46	-0,49	0,406
SN-Pog	°	81,42	5,35	80,98	5,01	0,44	0,113
<b>Zähne</b>							
OK1-PTV	mm	47,55	5,46	47,76	5,98	-0,21	0,887
UK1-PTV	mm	47,43	5,50	47,69	6,00	-0,26	0,790
OK6-PTV	mm	13,16	4,30	14,21	3,98	-1,05	0,000
UK6-PTV	mm	12,65	5,16	13,89	4,97	-1,24	0,002
Overjet	mm	4,23	2,64	3,27	1,81	0,96	0,001
Overbite	mm	1,91	1,77	1,51	1,23	0,40	0,049
OK1-PE	°	114,55	7,38	113,50	9,03	1,05	0,207
OK1-SN	°	110,26	8,48	108,32	9,23	1,94	0,024
UK1-ME	°	91,10	6,91	92,57	7,97	-1,48	0,027
<b>Zusatz</b>							
Cod-PTV	mm	31,82	3,41	31,66	4,28	0,16	0,562
N-Ba-Pog	°	61,75	4,32	63,56	4,35	-1,81	0,000
N-S-Ba	°	126,50	5,55	126,76	5,83	-0,27	0,361
S-Ba-Pog	°	94,49	5,32	95,94	5,68	-1,46	0,000

Tabelle 4: Gesamtkollektiv Vergleich T1 und T2, Strukturen des Luftweges

Parameter		Ø T1	±StaAbw T1	Ø T2	±StaAbw T2	T1 - T2	p
<b>Velum</b>							
UV-LV	mm	8,57	1,52	8,50	1,55	0,07	0,484
SPP-VT	mm	29,95	4,35	29,67	4,59	0,27	0,480
Velum area	mm <sup>2</sup>	256,80	59,58	253,16	63,75	3,64	0,518
<b>Pharynx</b>							
P1	mm	24,92	5,45	24,48	5,24	0,45	0,186
P2	mm	19,74	3,36	19,40	3,28	0,33	0,261
P3	mm	10,31	2,92	10,34	3,33	-0,03	0,838
P4	mm	11,85	3,03	11,66	3,31	0,19	0,533
P5	mm	11,81	3,32	12,12	4,10	-0,31	0,376
P6	mm	14,33	3,73	15,25	3,76	-0,92	0,008
<b>Epiglottis</b>							
EB-aC2	mm	24,51	4,95	25,43	5,02	-0,92	0,013
EB-aC3	mm	18,81	3,55	19,57	3,94	-0,76	0,089
EB-aC4	mm	23,87	4,65	24,65	5,24	-0,77	0,094
EB-S	mm	93,42	9,80	96,01	9,65	-2,59	0,000
EB-N	mm	118,87	11,30	121,61	12,10	-2,75	0,000
EB-Me	mm	54,56	6,39	54,59	8,16	-0,03	0,832
Go-Me-EB	°	19,34	6,02	19,78	5,57	-0,44	0,117
N-S-EB	°	94,88	5,56	95,63	5,65	-0,75	0,017
SPA-SPP-EB	°	112,54	6,91	110,89	7,04	1,65	0,002
ET-aC2	mm	15,28	4,36	15,39	4,80	-0,12	0,572
ET-aC3	mm	13,06	3,37	13,53	4,06	-0,46	0,477
ET-aC4	mm	23,38	5,41	24,22	5,93	-0,84	0,145
ET-S	mm	86,65	9,33	88,53	9,39	-1,88	0,001
ET-N	mm	116,94	10,99	119,15	11,79	-2,22	0,002
ET-Me	mm	62,09	6,80	62,71	8,16	-0,62	0,358
ET-pP6	mm	21,41	5,27	22,42	6,50	-1,02	0,073
ET-EB	mm	9,67	2,53	10,15	2,49	-0,48	0,080
Go-Me-ET	°	13,69	5,28	13,59	5,22	0,10	0,996
N-S-ET	°	99,13	5,55	100,06	5,84	-0,93	0,005
SPA-SPP-ET	°	121,58	7,14	120,36	7,53	1,22	0,017
<b>Hyoid</b>							
H-aC2	mm	34,87	4,82	35,41	5,67	-0,54	0,353
H-aC3	mm	31,08	3,94	31,77	4,76	-0,70	0,180
H-aC4	mm	34,72	4,97	35,63	5,57	-0,92	0,035
H-S	mm	95,68	9,80	97,98	10,39	-2,29	0,001
H-N	mm	113,73	11,10	116,47	11,96	-2,73	0,001
H-Me	mm	42,09	5,95	42,28	7,24	-0,19	0,589
H-Go	mm	28,15	7,07	28,22	7,45	-0,07	0,911
N-S-H	°	87,41	5,59	88,37	5,88	-0,96	0,006
SPA-SPP-H	°	100,09	7,50	98,98	7,68	1,11	0,043
Me-Go-H	°	30,65	12,35	30,89	12,95	-0,24	0,992

Tabelle 5: Hauptgruppenvergleich, Strukturen des Schädels

Parameter		$\Delta$ PG1	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	$\Delta$ PG2	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	"inter"-p
<b>Maxilla</b>								
S-SPA	mm	0,93	4,83	0,179	-2,15	3,90	0,000	0,000
S-SPP	mm	0,79	3,07	0,075	-1,12	2,09	0,000	0,006
N-SPA	mm	-1,47	3,58	0,005	-1,52	2,96	0,001	0,941
N-SPP	mm	-0,75	5,23	0,317	-2,00	3,31	0,000	0,143
Ba-SPP	mm	1,90	4,00	0,009	-0,30	2,85	0,931	0,030
Ba-S-SPP	°	2,23	4,14	0,000	1,11	2,71	0,005	0,115
SN-SPA	°	0,97	3,16	0,035	-0,77	3,26	0,101	0,008
SPP-SPA-BaN	°	-1,85	2,37	0,000	-0,12	1,73	0,515	<0,001
SN/OE	°	-0,71	3,47	0,156	0,11	3,03	0,791	0,211
SPA-N-Pog	°	0,11	2,67	0,776	-0,77	2,69	0,050	0,106
SN/PE	°	-1,76	2,93	0,000	-0,01	2,13	0,971	0,001
SNA	°	0,12	2,02	0,026	-1,30	2,05	0,009	0,001
<b>Mandibula</b>								
S-Go	mm	-1,08	5,00	0,133	-2,98	4,44	0,000	0,047
N-Gn	mm	-2,31	7,57	0,036	-4,43	5,45	0,000	0,121
N-Me	mm	-2,49	7,69	0,027	-4,35	5,47	0,000	0,165
N-Pog	mm	-2,49	7,61	0,025	-4,52	5,54	0,000	0,130
Ba-Pog	mm	0,40	7,10	0,691	-3,10	4,90	0,000	0,009
Cod-Pog	mm	-0,13	7,46	0,905	-3,13	4,99	0,000	0,015
SNB	°	1,14	3,06	0,011	0,17	2,23	0,590	0,100
ANB	°	-0,07	2,08	0,743	-1,14	2,15	0,001	0,013
SN/ME	°	-1,81	3,53	0,001	-0,85	2,36	0,015	0,111
PE/ME	°	-0,07	2,77	0,863	-0,84	1,97	0,004	0,026
Summenwinkel	°	-1,81	3,53	0,001	-0,85	2,36	0,014	0,112
N-S-Ar	°	-0,65	3,38	0,179	0,12	2,94	0,781	0,229
S-Ar-Go	°	-1,39	4,77	0,045	0,21	7,33	0,840	0,326
Ar-Go-Me	°	0,21	5,33	0,787	-1,18	6,30	0,191	0,232
SN-Pog	°	0,86	3,16	0,060	0,02	2,18	0,961	0,128
<b>Zähne</b>								
OK1-PTV	mm	0,47	3,87	0,334	-0,88	3,79	0,201	0,081
UK1-PTV	mm	0,43	3,87	0,352	-0,94	3,77	0,150	0,077
OK6-PTV	mm	-1,00	2,66	0,011	-1,09	2,78	0,008	0,869
UK6-PTV	mm	-1,27	3,05	0,005	-1,26	4,35	0,073	0,993
Overjet	mm	0,92	1,78	0,001	0,99	3,04	0,081	0,456
Overbite	mm	0,29	1,34	0,227	0,51	1,86	0,111	0,669
OK1-PE	°	-0,18	7,58	0,867	2,27	8,75	0,072	0,073
OK1-SN	°	1,58	7,93	0,165	2,30	9,08	0,080	0,674
UK1-ME	°	-0,88	5,88	0,293	-2,07	7,19	0,047	0,370
<b>Zusatz</b>								
Cod-PTV	mm	1,00	2,66	0,011	-0,67	2,72	0,087	0,003
N-Ba-Pog	°	-2,35	3,08	0,000	-1,28	2,02	0,000	0,042
N-S-Ba	°	-0,55	3,35	0,251	0,02	2,39	0,960	0,260
S-Ba-Pog	°	-1,73	4,05	0,004	-1,18	2,75	0,004	0,521

Tabelle 6: Hauptgruppenvergleich, Strukturen des Luftweges

Parameter		$\Delta$ PG1	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	$\Delta$ PG2	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	"inter"-p
<b>Velum</b>								
UV-LV	mm	0,11	1,27	0,479	0,03	1,49	0,728	0,784
SPP-VT	mm	0,61	3,78	0,258	-0,07	3,93	0,906	0,381
Velum area	mm <sup>2</sup>	8,35	51,45	0,257	-1,08	60,42	0,900	0,403
<b>Pharynx</b>								
P1	mm	0,93	3,90	0,098	-0,03	2,71	0,936	0,156
P2	mm	0,70	3,28	0,136	-0,04	2,53	0,916	0,209
P3	mm	-0,01	2,84	0,889	-0,05	3,22	0,858	0,953
P4	mm	0,19	2,82	0,640	0,19	3,20	0,681	0,999
P5	mm	-0,50	4,26	0,416	-0,20	3,49	0,695	0,894
P6	mm	-1,31	3,28	0,009	-0,44	2,93	0,323	0,185
<b>Epiglottis</b>								
EB-aC2	mm	-0,81	4,30	0,307	-1,21	3,45	0,007	0,613
EB-aC3	mm	-0,69	4,01	0,512	-0,90	3,36	0,060	0,775
EB-aC4	mm	-0,60	4,09	0,619	-1,29	4,47	0,067	0,352
EB-S	mm	-1,60	7,28	0,131	-3,93	5,16	0,000	0,071
EB-N	mm	-1,59	8,68	0,207	-4,32	6,59	0,000	0,083
EB-Me	mm	0,59	5,67	0,266	-0,82	5,05	0,221	0,082
Go-Me-EB	°	-0,48	3,55	0,349	-0,68	3,76	0,210	0,783
N-S-EB	°	-1,25	3,44	0,015	-0,39	3,22	0,401	0,207
SPA-SPP-EB	°	2,46	5,58	0,003	1,02	4,91	0,153	0,177
ET-aC2	mm	0,11	3,64	0,641	-0,51	3,70	0,177	0,399
ET-aC3	mm	-0,53	3,75	0,468	-0,45	3,88	0,723	0,839
ET-aC4	mm	-0,86	5,11	0,492	-1,27	5,17	0,164	0,449
ET-S	mm	-0,70	6,57	0,457	-3,37	5,19	0,000	0,028
ET-N	mm	-0,80	8,35	0,501	-3,97	6,22	0,000	0,036
ET-Me	mm	0,02	6,00	0,658	-1,42	5,35	0,046	0,213
ET-pP6	mm	-0,65	6,21	0,483	-1,52	5,29	0,057	0,468
ET-EB	mm	-0,57	3,28	0,229	-0,47	2,51	0,197	0,879
Go-Me-ET	°	0,30	3,44	0,292	-0,36	3,42	0,310	0,340
N-S-ET	°	-1,47	3,49	0,005	-0,50	3,28	0,293	0,159
SPA-SPP-ET	°	1,89	5,65	0,024	0,80	5,31	0,298	0,328
<b>Hyoid</b>								
H-aC2	mm	-0,09	3,70	0,893	-0,95	3,32	0,158	0,227
H-aC3	mm	-0,38	3,95	0,792	-0,98	3,17	0,078	0,312
H-aC4	mm	-0,62	4,29	0,498	-1,60	4,38	0,020	0,273
H-S	mm	-0,97	7,20	0,353	-3,54	5,84	0,000	0,053
H-N	mm	-1,42	8,70	0,257	-3,98	7,05	0,000	0,111
H-Me	mm	0,24	5,01	0,738	-0,78	5,14	0,286	0,318
H-Go	mm	0,26	5,08	0,508	-0,36	5,93	0,502	0,578
N-S-H	°	-1,58	3,51	0,003	-0,39	3,40	0,428	0,212
SPA-SPP-H	°	1,59	5,20	0,037	0,53	5,04	0,462	0,286
Me-Go-H	°	0,72	12,38	0,804	-1,33	10,62	0,787	0,695

Tabelle 7: Untergruppenvergleich skelettale Klasse I, Strukturen des Schädels

Parameter		$\Delta$ PG1 (I)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	$\Delta$ PG2 (I)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	"inter"-p
<b>Maxilla</b>								
S-SPA	mm	1,44	4,56	0,085	-1,55	2,57	0,002	0,006
S-SPP	mm	0,88	3,14	0,122	-1,06	1,92	0,004	0,018
N-SPA	mm	-1,00	3,53	0,119	-1,34	2,72	0,009	0,668
N-SPP	mm	-0,08	5,22	0,933	-1,50	2,68	0,004	0,169
Ba-SPP	mm	2,60	3,95	0,002	-0,52	2,86	0,507	0,003
Ba-S-SPP	°	2,89	4,10	0,000	0,75	2,96	0,164	0,020
SN-SPA	°	0,43	3,37	0,472	-0,44	3,45	0,472	0,307
SPP-SPA-BaN	°	-1,69	2,07	0,000	-0,15	1,91	0,603	0,003
SN/OE	°	-0,51	3,37	0,396	-0,38	3,26	0,512	0,876
SPA-N-Pog	°	0,01	2,81	0,983	-0,06	2,30	0,882	0,911
SN/PE	°	-1,32	2,37	0,004	-0,05	2,44	0,911	0,038
SNA	°	-0,11	2,18	0,163	-0,90	2,11	0,298	0,001
<b>Mandibula</b>								
S-Go	mm	-0,32	4,60	0,694	-2,98	4,13	0,000	0,018
N-Gn	mm	-1,00	7,32	0,466	-4,05	4,39	0,000	0,076
N-Me	mm	-1,10	7,40	0,408	-4,05	4,39	0,000	0,058
N-Pog	mm	-1,38	7,53	0,308	-3,97	4,82	0,000	0,108
Ba-Pog	mm	1,52	6,26	0,180	-3,11	3,69	0,000	0,003
Cod-Pog	mm	1,03	6,83	0,399	-2,89	3,85	0,000	0,005
SNB	°	0,58	2,95	0,273	-0,28	2,22	0,485	0,324
ANB	°	0,33	2,07	0,326	-0,22	1,83	0,493	0,268
SN/ME	°	-1,50	3,73	0,030	-0,50	2,54	0,274	0,213
PE/ME	°	-0,20	3,24	0,730	-0,46	1,90	0,180	0,327
Summenwinkel	°	-1,50	3,73	0,030	-0,50	2,54	0,272	0,216
N-S-Ar	°	0,03	3,29	0,953	0,01	3,23	0,989	0,974
S-Ar-Go	°	-1,97	5,38	0,047	0,53	8,06	0,713	0,186
Ar-Go-Me	°	0,41	6,19	0,709	-1,06	6,87	0,391	0,237
SN-Pog	°	0,42	3,06	0,443	-0,34	2,13	0,373	0,401
<b>Zähne</b>								
OK1-PTV	mm	0,78	3,60	0,304	-1,04	2,73	0,064	0,026
UK1-PTV	mm	0,74	3,62	0,322	-1,12	2,74	0,040	0,024
OK6-PTV	mm	-0,59	2,53	0,196	-0,76	2,35	0,078	0,787
UK6-PTV	mm	-1,08	3,10	0,039	-1,32	3,31	0,044	0,769
Overjet	mm	0,98	1,88	0,008	1,99	3,20	0,002	0,354
Overbite	mm	0,31	1,17	0,152	0,67	1,83	0,090	0,515
OK1-PE	°	0,52	8,77	0,742	5,02	7,28	0,000	0,030
OK1-SN	°	1,84	9,21	0,267	5,09	8,32	0,002	0,144
UK1-ME	°	-1,21	5,81	0,247	-1,94	7,44	0,150	0,664
<b>Zusatz</b>								
Cod-PTV	mm	1,52	2,46	0,001	-0,83	2,50	0,069	0,000
N-Ba-Pog	°	-2,49	2,77	0,000	-1,03	2,10	0,010	0,021
N-S-Ba	°	0,17	3,16	0,761	-0,07	2,61	0,875	0,963
S-Ba-Pog	°	-2,31	3,57	0,001	-0,85	2,75	0,091	0,118

Tabelle 8: Untergruppenvergleich skelettale Klasse I, Strukturen des Luftweges

Parameter		$\Delta$ PG1 (I)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	$\Delta$ PG2 (I)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	"inter"-p
<b>Velum</b>								
UV-LV	mm	0,00	1,34	0,906	-0,04	1,72	0,945	0,932
SPP-VT	mm	1,13	3,32	0,063	-0,18	3,15	0,752	0,111
Velum area	mm <sup>2</sup>	8,93	47,77	0,298	-3,54	63,75	0,755	0,379
<b>Pharynx</b>								
P1	mm	0,71	3,84	0,306	0,16	2,68	0,732	0,515
P2	mm	0,63	3,31	0,294	-0,06	2,75	0,896	0,369
P3	mm	0,69	2,41	0,136	0,18	2,98	0,640	0,459
P4	mm	0,69	2,77	0,170	0,74	3,30	0,215	0,949
P5	mm	0,64	3,90	0,361	-0,20	3,47	0,758	0,220
P6	mm	-0,48	2,90	0,370	-0,37	3,14	0,526	0,890
<b>Epiglottis</b>								
EB-aC2	mm	-0,53	3,96	0,537	-1,39	3,91	0,024	0,388
EB-aC3	mm	0,16	3,62	0,531	-1,05	3,32	0,076	0,172
EB-aC4	mm	0,61	3,50	0,139	-1,58	3,72	0,033	0,018
EB-S	mm	-0,83	6,60	0,480	-3,75	5,29	0,000	0,058
EB-N	mm	0,04	8,01	0,976	-3,84	6,03	0,001	0,034
EB-Me	mm	1,59	5,10	0,061	-0,95	4,12	0,124	0,014
Go-Me-EB	°	-0,69	3,82	0,314	-0,33	3,99	0,649	0,714
N-S-EB	°	-0,72	3,21	0,215	-0,28	3,60	0,664	0,615
SPA-SPP-EB	°	2,57	5,50	0,013	1,13	5,45	0,257	0,301
ET-aC2	mm	0,38	3,60	0,357	-0,13	3,91	0,422	0,596
ET-aC3	mm	0,37	3,29	0,519	-0,32	3,32	0,918	0,368
ET-aC4	mm	0,09	4,96	0,499	-1,48	4,41	0,136	0,090
ET-S	mm	-0,05	6,31	0,963	-2,86	5,19	0,005	0,059
ET-N	mm	0,77	7,98	0,588	-3,42	5,63	0,002	0,019
ET-Me	mm	1,10	5,52	0,108	-1,92	3,94	0,011	0,015
ET-pP6	mm	0,31	6,60	0,797	-1,70	4,74	0,060	0,181
ET-EB	mm	-0,34	3,36	0,570	-0,71	2,46	0,119	0,660
Go-Me-ET	°	0,16	3,71	0,388	0,21	3,50	0,992	0,953
N-S-ET	°	-0,94	3,53	0,142	-0,62	3,64	0,349	0,726
SPA-SPP-ET	°	1,93	5,69	0,064	0,37	5,66	0,716	0,281
<b>Hyoid</b>								
H-aC2	mm	0,40	3,24	0,286	-0,73	3,61	0,466	0,194
H-aC3	mm	0,47	3,81	0,331	-1,00	2,89	0,123	0,082
H-aC4	mm	0,46	4,04	0,394	-1,95	3,72	0,008	0,018
H-S	mm	-0,18	6,05	0,871	-2,69	5,93	0,015	0,098
H-N	mm	0,22	7,38	0,866	-2,92	6,54	0,017	0,076
H-Me	mm	1,11	4,49	0,171	-1,01	4,41	0,206	0,061
H-Go	mm	0,43	4,61	0,390	0,47	6,22	0,881	0,980
N-S-H	°	-1,01	3,34	0,096	-0,21	3,92	0,765	0,638
SPA-SPP-H	°	1,98	5,43	0,048	0,61	5,55	0,541	0,265
Me-Go-H	°	1,62	12,96	0,918	-0,43	12,34	0,667	0,778

Tabelle 9: Untergruppenvergleich skelettale Klasse III, Strukturen des Schädels

Parameter		$\Delta$ PG1 (III)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	$\Delta$ PG2 (III)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	"inter"-p
<b>Maxilla</b>								
S-SPA	mm	0,03	5,28	0,981	-3,20	5,48	0,024	0,018
S-SPP	mm	0,62	3,01	0,393	-1,21	2,42	0,049	0,113
N-SPA	mm	-2,31	3,61	0,015	-1,84	3,40	0,035	0,692
N-SPP	mm	-1,94	5,19	0,131	-2,89	4,14	0,009	0,467
Ba-SPP	mm	0,65	3,88	0,794	0,09	2,86	0,557	0,624
Ba-S-SPP	°	1,05	4,07	0,290	1,77	2,10	0,002	0,511
SN-SPA	°	1,93	2,57	0,006	-1,35	2,89	0,063	0,001
SPP-SPA-BaN	°	-2,12	2,86	0,012	-0,07	1,39	0,813	0,011
SN/OE	°	-1,05	3,71	0,245	1,00	2,41	0,097	0,057
SPA-N-Pog	°	0,28	2,47	0,636	-2,02	2,93	0,009	0,016
SN/PE	°	-2,54	3,68	0,010	0,06	1,51	0,878	0,011
SNA	°	0,52	1,68	0,052	-2,17	1,79	0,001	0,980
<b>Mandibula</b>								
S-Go	mm	-2,43	5,51	0,079	-2,98	5,07	0,024	0,759
N-Gn	mm	-4,63	7,65	0,020	-5,11	7,06	0,007	0,728
N-Me	mm	-4,95	7,79	0,015	-4,90	7,11	0,010	0,984
N-Pog	mm	-4,46	7,55	0,023	-5,50	6,68	0,003	0,662
Ba-Pog	mm	-1,59	8,20	0,422	-3,08	6,65	0,066	0,624
Cod-Pog	mm	-2,19	8,27	0,277	-3,57	6,67	0,036	0,496
SNB	°	2,13	3,07	0,009	0,97	2,09	0,066	0,169
ANB	°	-0,77	1,95	0,058	-2,77	1,70	0,000	0,002
SN/ME	°	-2,37	3,17	0,006	-1,46	1,93	0,005	0,310
PE/ME	°	0,17	1,67	0,677	-1,51	1,97	0,005	0,011
Summenwinkel	°	-2,37	3,17	0,006	-1,46	1,93	0,005	0,310
N-S-Ar	°	-1,87	3,27	0,027	0,31	2,42	0,595	0,029
S-Ar-Go	°	-0,36	3,35	0,653	-0,36	5,99	0,804	0,624
Ar-Go-Me	°	-0,16	3,42	0,841	-1,40	5,32	0,280	0,580
SN-Pog	°	1,64	3,26	0,048	0,65	2,16	0,222	0,229
<b>Zähne</b>								
OK1-PTV	mm	-0,09	4,36	0,913	-0,60	5,26	0,828	0,754
UK1-PTV	mm	-0,13	4,34	0,948	-0,62	5,20	0,828	0,760
OK6-PTV	mm	-1,73	2,80	0,018	-1,68	3,41	0,052	0,966
UK6-PTV	mm	-1,62	3,00	0,055	-1,16	5,84	0,647	0,770
Overjet	mm	0,82	1,62	0,065	-0,79	1,64	0,080	0,012
Overbite	mm	0,25	1,64	0,794	0,24	1,95	0,758	0,975
OK1-PE	°	-1,42	4,77	0,225	-2,61	9,19	0,245	0,681
OK1-SN	°	1,12	5,12	0,368	-2,66	8,41	0,198	0,113
UK1-ME	°	-0,30	6,12	0,838	-2,29	6,91	0,177	0,366
<b>Zusatz</b>								
Cod-PTV	mm	0,07	2,81	0,921	-0,38	3,13	0,610	0,653
N-Ba-Pog	°	-2,10	3,63	0,025	-1,73	1,84	0,001	0,696
N-S-Ba	°	-1,84	3,37	0,034	0,18	2,00	0,710	0,062
S-Ba-Pog	°	-,71	4,72	0,533	-1,77	2,74	0,014	0,248



Tabelle 10: Untergruppenvergleich skelettale Klasse III, Strukturen des Luftweges

Parameter		$\Delta$ PG1 (III)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	$\Delta$ PG2 (III)	$\pm$ StaAbw	"intra"-p	"inter"-p
<b>Velum</b>								
UV-LV	mm	0,31	1,14	0,298	0,16	,98	0,794	0,669
SPP-VT	mm	-0,31	4,44	0,770	0,13	5,13	0,914	0,783
Velum area	mm <sup>2</sup>	7,33	58,88	0,604	3,29	55,48	0,804	0,834
<b>Pharynx</b>								
P1	mm	1,33	4,10	0,187	-0,38	2,79	0,573	0,154
P2	mm	0,84	3,32	0,297	0,01	2,16	0,987	0,378
P3	mm	-1,25	3,19	0,112	-0,46	3,65	0,711	0,490
P4	mm	-0,70	2,77	0,296	-0,79	2,84	0,252	0,925
P5	mm	-2,64	4,17	0,019	-0,20	3,62	0,815	0,041
P6	mm	-2,76	3,50	0,005	-0,55	2,61	0,410	0,050
<b>Epiglottis</b>								
EB-aC2	mm	-1,34	4,96	0,407	-0,89	2,56	0,142	0,746
EB-aC3	mm	-2,27	4,35	0,056	-0,64	3,52	0,360	0,230
EB-aC4	mm	-2,94	4,22	0,007	-0,78	5,66	0,722	0,090
EB-S	mm	-3,04	8,45	0,157	-4,26	5,07	0,002	0,613
EB-N	mm	-4,65	9,28	0,055	-5,14	7,59	0,011	0,866
EB-Me	mm	-1,29	6,36	0,532	-0,60	6,48	0,948	0,716
Go-Me-EB	°	-0,08	3,06	0,913	-1,29	3,37	0,121	0,274
N-S-EB	°	-2,24	3,72	0,025	-0,57	2,50	0,345	0,128
SPA-SPP-EB	°	2,25	5,89	0,134	0,82	3,93	0,387	0,408
ET-aC2	mm	-0,38	3,78	0,887	-1,18	3,30	0,257	0,508
ET-aC3	mm	-2,22	4,08	0,019	-0,66	4,79	0,687	0,161
ET-aC4	mm	-2,71	5,03	0,044	-0,91	6,44	0,670	0,304
ET-S	mm	-1,93	7,08	0,278	-4,27	5,20	0,003	0,272
ET-N	mm	-3,77	8,45	0,085	-4,91	7,20	0,010	0,668
ET-Me	mm	-2,02	6,51	0,237	-0,56	7,21	1,000	0,534
ET-pP6	mm	-2,45	5,11	0,074	-1,20	6,35	0,462	0,544
ET-EB	mm	-1,00	3,18	0,211	-0,06	2,62	0,927	0,509
Go-Me-ET	°	0,58	2,93	0,587	-1,34	3,11	0,085	0,069
N-S-ET	°	-2,47	3,29	0,007	-0,28	2,62	0,653	0,037
SPA-SPP-ET	°	1,81	5,76	0,215	1,53	4,70	0,186	0,876
<b>Hyoid</b>								
H-aC2	mm	-1,01	4,41	0,394	-1,34	2,81	0,185	0,790
H-aC3	mm	-1,97	3,81	0,102	-0,94	3,71	0,286	0,478
H-aC4	mm	-2,70	4,10	0,017	-0,96	5,46	0,813	0,310
H-S	mm	-2,45	9,01	0,278	-5,06	5,50	0,001	0,314
H-N	mm	-4,52	10,29	0,089	-5,86	7,70	0,005	0,666
H-Me	mm	-1,40	5,64	0,321	-0,39	6,36	0,799	0,623
H-Go	mm	-0,05	6,00	0,962	-1,82	5,20	0,184	0,359
N-S-H	°	-2,65	3,66	0,009	-0,70	2,28	0,212	0,092
SPA-SPP-H	°	0,88	4,82	0,465	0,39	4,14	0,695	0,817
Me-Go-H	°	-0,97	11,40	0,758	-2,92	6,56	0,199	0,198

Tabelle 11: Korrelationen mit P1, Maxilla

Parameter		PG1	PG1 (I)	PG1 (III)	PG2	PG2 (I)	PG2 (III)
Δ S-SPA	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,514	0,492	0,513	0,347	0,212	0,613
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,004	0,029	0,014	0,245	0,007
Δ S-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,733	0,755	0,704	0,488	0,409	0,653
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,001	0,000	0,020	0,003
Δ N-SPA	Korrelation (nach Pearson)	0,352	0,353	0,404	0,369	0,229	0,557
	Signifikanz (2-seitig)	0,012	0,047	0,096	0,008	0,206	0,016
Δ N-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,173	0,164	0,234	0,245	0,053	0,442
	Signifikanz (2-seitig)	0,230	0,371	0,350	0,087	0,774	0,066
Δ Ba-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,536	0,638	0,370	0,502	0,547	0,457
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,131	0,000	0,001	0,056
Δ Ba-S-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,355	0,419	0,319	0,423	0,545	0,241
	Signifikanz (2-seitig)	0,011	0,017	0,197	0,002	0,001	0,335
Δ SN-SPA	Korrelation (nach Pearson)	-0,053	-0,099	-0,015	0,012	-0,121	0,250
	Signifikanz (2-seitig)	0,717	0,588	0,954	0,933	0,509	0,317
Δ SPP-SPA-BaN	Korrelation (nach Pearson)	-0,186	-0,195	-0,165	-0,023	-0,146	0,279
	Signifikanz (2-seitig)	0,196	0,285	0,512	0,873	0,425	0,262
Δ SN/OE	Korrelation (nach Pearson)	-0,098	-0,005	-0,229	0,020	0,064	-0,006
	Signifikanz (2-seitig)	0,499	0,979	0,361	0,891	0,728	0,980
Δ SPA-N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	-0,069	-0,144	0,064	0,259	0,069	0,480
	Signifikanz (2-seitig)	0,635	0,432	0,800	0,070	0,706	0,044
Δ SN/PE	Korrelation (nach Pearson)	-0,060	-0,075	-0,014	0,143	0,076	0,359
	Signifikanz (2-seitig)	0,681	0,685	0,955	0,321	0,678	0,143
Δ SNA	Korrelation (nach Pearson)	-0,174	0,038	-0,394	-0,004	0,154	-0,193
	Signifikanz (2-seitig)	0,227	0,836	0,106	0,976	0,399	0,444

Tabelle 12: Korrelationen mit P1, Mandibula

Parameter		PG1	PG1 (I)	PG1 (III)	PG2	PG2 (I)	PG2 (III)
Δ S-Go	Korrelation (nach Pearson)	0,442	0,384	0,591	0,043	-0,143	0,309
	Signifikanz (2-seitig)	0,001	0,030	0,010	0,769	0,435	0,213
Δ N-Gn	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,462	0,418	0,581	0,110	0,060	0,152
	Signifikanz (2-seitig)	0,001	0,017	0,012	0,446	0,745	0,547
Δ N-Me	Korrelation (nach Pearson)	0,447	0,400	0,614	0,373	0,241	0,524
	Signifikanz (2-seitig)	0,001	0,023	0,007	0,008	0,183	0,026
Δ N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	0,430	0,357	0,622	0,342	0,234	0,466
	Signifikanz (2-seitig)	0,002	0,045	0,006	0,015	0,197	0,051
Δ Ba-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,517	0,518	0,526	0,094	0,104	0,102
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,002	0,025	0,518	0,573	0,687
Δ Cod-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,528	0,507	0,603	0,104	0,171	0,090
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,003	0,008	0,471	0,350	0,723
Δ SNB	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,053	0,045	-0,233	-0,173	-0,157	-0,142
	Signifikanz (2-seitig)	0,715	0,806	0,351	0,231	0,389	0,573
Δ ANB	Korrelation (nach Pearson)	0,015	-0,025	0,148	0,193	0,048	0,394
	Signifikanz (2-seitig)	0,916	0,891	0,558	0,180	0,794	0,106
Δ SN/ME	Korrelation (nach Pearson)	0,051	0,104	-0,026	0,143	0,189	-0,011
	Signifikanz (2-seitig)	0,726	0,571	0,918	0,320	0,299	0,964
Δ PE/ME	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,030	0,030	0,080	-0,035	0,149	-0,428
	Signifikanz (2-seitig)	0,838	0,869	0,754	0,812	0,417	0,076
Δ Summenwinkel	Korrelation (nach Pearson)	0,051	0,105	-0,026	0,143	0,189	-0,011
	Signifikanz (2-seitig)	0,725	0,569	0,918	0,322	0,301	0,964
Δ N-S-Ar	Korrelation (nach Pearson)	0,078	0,037	0,219	0,082	0,133	-0,017
	Signifikanz (2-seitig)	0,589	0,842	0,382	0,573	0,469	0,947
Δ S-Ar-Go	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,134	-0,172	-0,062	0,200	0,183	0,216
	Signifikanz (2-seitig)	0,354	0,348	0,807	0,163	0,317	0,390
Δ Ar-Go-Me	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,065	0,131	-0,068	-0,300	-0,276	-0,325
	Signifikanz (2-seitig)	0,655	0,475	0,788	0,034	0,126	0,188
Δ SN-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,021	0,098	-0,107	-0,181	-0,152	-0,214
	Signifikanz (2-seitig)	0,888	0,593	0,671	0,209	0,406	0,394

Tabelle 13: Korrelationen mit P2, Maxilla

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-SPA	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,049	-0,028	0,192	-0,164	-0,244	-0,075
	Signifikanz (2-seitig)	0,734	0,880	0,445	0,255	0,178	0,766
Δ S-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,100	0,066	0,134	-0,246	-0,273	-0,185
	Signifikanz (2-seitig)	0,489	0,720	0,595	0,085	0,131	0,462
Δ N-SPA	Korrelation (nach Pearson)	0,048	0,049	0,064	-0,047	-0,148	0,138
	Signifikanz (2-seitig)	0,741	0,790	0,801	0,744	0,420	0,584
Δ N-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,061	0,059	0,084	0,069	-0,125	0,382
	Signifikanz (2-seitig)	0,673	0,750	0,739	0,634	0,495	0,117
Δ Ba-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,169	0,145	0,319	-0,268	-0,247	-0,303
	Signifikanz (2-seitig)	0,240	0,428	0,197	0,060	0,172	0,222
Δ Ba-S-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,113	0,096	0,173	-0,001	0,127	-0,434
	Signifikanz (2-seitig)	0,434	0,603	0,491	0,992	0,488	0,072
Δ SN-SPA	Korrelation (nach Pearson)	-0,174	-0,235	-0,075	-0,026	-0,130	0,267
	Signifikanz (2-seitig)	0,227	0,195	0,768	0,856	0,479	0,284
Δ SPP-SPA-BaN	Korrelation (nach Pearson)	-0,082	-0,108	-0,043	-0,053	-0,031	-0,126
	Signifikanz (2-seitig)	0,573	0,555	0,866	0,714	0,868	0,617
Δ SN/OE	Korrelation (nach Pearson)	0,132	0,008	0,344	0,125	0,265	-0,314
	Signifikanz (2-seitig)	0,362	0,966	0,162	0,387	0,143	0,204
Δ SPA-N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	-0,261	-0,368	-0,047	-0,003	0,027	-0,045
	Signifikanz (2-seitig)	0,067	0,038	0,852	0,982	0,882	0,860
Δ SN/PE	Korrelation (nach Pearson)	-0,056	-0,086	-0,012	0,013	0,072	-0,210
	Signifikanz (2-seitig)	0,697	0,639	0,961	0,930	0,696	0,402
Δ SNA	Korrelation (nach Pearson)	0,202	0,172	0,278	-0,126	-0,137	-0,134
	Signifikanz (2-seitig)	0,160	0,346	0,264	0,384	0,453	0,595

Tabelle 14: Korrelationen mit P2, Mandibula

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-Go	Korrelation (nach Pearson)	0,170	0,187	0,172	-0,151	-0,390	0,293
	Signifikanz (2-seitig)	0,238	0,306	0,494	0,295	0,027	0,238
Δ N-Gn	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,002	-0,052	0,110	-0,138	-0,078	-0,328
	Signifikanz (2-seitig)	0,991	0,778	0,665	0,340	0,670	0,184
Δ N-Me	Korrelation (nach Pearson)	0,049	-0,005	0,169	0,019	-0,125	0,231
	Signifikanz (2-seitig)	0,735	0,977	0,502	0,898	0,494	0,357
Δ N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	0,049	-0,016	0,187	0,000	-0,105	0,183
	Signifikanz (2-seitig)	0,735	0,933	0,458	0,999	0,566	0,467
Δ Ba-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,031	-0,002	0,072	-0,121	-0,143	-0,153
	Signifikanz (2-seitig)	0,832	0,993	0,776	0,404	0,435	0,545
Δ Cod-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,101	0,050	0,169	0,006	-0,088	0,273
	Signifikanz (2-seitig)	0,484	0,784	0,502	0,969	0,631	0,274
Δ SNB	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,072	0,138	0,082	-0,032	-0,181	0,267
	Signifikanz (2-seitig)	0,617	0,452	0,748	0,827	0,322	0,285
Δ ANB	Korrelation (nach Pearson)	-0,248	-0,332	-0,086	-0,060	0,051	-0,350
	Signifikanz (2-seitig)	0,083	0,063	0,736	0,679	0,782	0,155
Δ SN/ME	Korrelation (nach Pearson)	-0,166	-0,244	0,006	0,042	0,256	-0,597
	Signifikanz (2-seitig)	0,248	0,179	0,981	0,774	0,158	0,009
Δ PE/ME	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,065	-0,166	0,108	-0,001	0,193	-0,339
	Signifikanz (2-seitig)	0,652	0,362	0,668	0,996	0,290	0,169
Δ Summenwinkel	Korrelation (nach Pearson)	-0,167	-0,245	0,006	0,042	0,257	-0,597
	Signifikanz (2-seitig)	0,246	0,177	0,981	0,770	0,156	0,009
Δ N-S-Ar	Korrelation (nach Pearson)	-0,039	-0,088	0,074	-0,016	0,076	-0,303
	Signifikanz (2-seitig)	0,790	0,631	0,771	0,915	0,679	0,222
Δ S-Ar-Go	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,039	-0,068	-0,009	0,253	0,283	0,134
	Signifikanz (2-seitig)	0,789	0,711	0,971	0,076	0,117	0,595
Δ Ar-Go-Me	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,040	0,084	-0,055	-0,267	-0,318	-0,130
	Signifikanz (2-seitig)	0,782	0,648	0,829	0,061	0,076	0,607
Δ SN-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,013	0,081	-0,022	-0,010	-0,203	0,402
	Signifikanz (2-seitig)	0,926	0,661	0,932	0,944	0,264	0,098

Tabelle 15: Korrelationen mit P3, Maxilla

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-SPA	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,301	0,379	0,012	0,139	0,015	0,387
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,033</i>	<i>0,032</i>	<i>0,961</i>	<i>0,335</i>	<i>0,934</i>	<i>0,112</i>
Δ S-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,329	0,431	0,091	-0,095	-0,145	-0,021
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,020</i>	<i>0,014</i>	<i>0,720</i>	<i>0,510</i>	<i>0,427</i>	<i>0,935</i>
Δ N-SPA	Korrelation (nach Pearson)	0,347	0,308	0,322	0,252	-0,101	0,659
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,013</i>	<i>0,087</i>	<i>0,193</i>	<i>0,078</i>	<i>0,583</i>	<i>0,003</i>
Δ N-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,359	0,386	0,247	0,402	0,056	0,722
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,011</i>	<i>0,029</i>	<i>0,323</i>	<i>0,004</i>	<i>0,760</i>	<i>0,001</i>
Δ Ba-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,218	0,290	-0,051	-0,183	-0,241	-0,117
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,128</i>	<i>0,107</i>	<i>0,842</i>	<i>0,204</i>	<i>0,185</i>	<i>0,645</i>
Δ Ba-S-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,106	0,057	0,012	-0,214	-0,193	-0,237
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,462</i>	<i>0,756</i>	<i>0,961</i>	<i>0,135</i>	<i>0,290</i>	<i>0,343</i>
Δ SN-SPA	Korrelation (nach Pearson)	-0,214	-0,156	-0,156	0,132	0,051	0,250
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,135</i>	<i>0,394</i>	<i>0,537</i>	<i>0,360</i>	<i>0,780</i>	<i>0,317</i>
Δ SPP-SPA-BaN	Korrelation (nach Pearson)	-0,090	-0,266	0,011	0,008	-0,144	0,329
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,533</i>	<i>0,142</i>	<i>0,966</i>	<i>0,954</i>	<i>0,430</i>	<i>0,182</i>
Δ SN/OE	Korrelation (nach Pearson)	0,097	-0,043	0,228	-0,146	-0,136	-0,124
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,501</i>	<i>0,814</i>	<i>0,363</i>	<i>0,312</i>	<i>0,459</i>	<i>0,624</i>
Δ SPA-N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	-0,043	-0,089	0,064	0,199	0,064	0,310
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,765</i>	<i>0,628</i>	<i>0,800</i>	<i>0,166</i>	<i>0,726</i>	<i>0,211</i>
Δ SN/PE	Korrelation (nach Pearson)	0,110	-0,049	0,132	0,003	-0,139	0,355
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,449</i>	<i>0,790</i>	<i>0,602</i>	<i>0,984</i>	<i>0,446</i>	<i>0,149</i>
Δ SNA	Korrelation (nach Pearson)	0,192	0,192	0,062	-0,256	-0,238	-0,243
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,181</i>	<i>0,293</i>	<i>0,807</i>	<i>0,073</i>	<i>0,190</i>	<i>0,330</i>

Tabelle 16: Korrelationen mit P3, Mandibula

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-Go	Korrelation (nach Pearson)	0,426	0,391	0,386	0,022	-0,228	0,326
	Signifikanz (2-seitig)	0,002	0,027	0,114	0,878	0,210	0,186
Δ N-Gn	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,343	0,389	0,063	-0,081	-0,140	0,024
	Signifikanz (2-seitig)	0,015	0,028	0,805	0,577	0,444	0,925
Δ N-Me	Korrelation (nach Pearson)	0,412	0,367	0,361	0,231	-0,215	0,635
	Signifikanz (2-seitig)	0,003	0,039	0,141	0,106	0,238	0,005
Δ N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	0,400	0,317	0,431	0,228	-0,165	0,630
	Signifikanz (2-seitig)	0,004	0,077	0,074	0,112	0,367	0,005
Δ Ba-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,284	0,451	-0,129	-0,083	-0,129	-0,013
	Signifikanz (2-seitig)	0,046	0,009	0,610	0,569	0,483	0,958
Δ Cod-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,329	0,390	0,036	-0,176	-0,176	-0,393
	Signifikanz (2-seitig)	0,020	0,027	0,887	0,222	0,335	0,106
Δ SNB	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,242	-0,100	-0,291	0,015	0,040	-0,064
	Signifikanz (2-seitig)	0,090	0,586	0,241	0,918	0,830	0,801
Δ ANB	Korrelation (nach Pearson)	0,017	-0,149	0,033	0,047	-0,068	0,084
	Signifikanz (2-seitig)	0,909	0,415	0,898	0,744	0,712	0,742
Δ SN/ME	Korrelation (nach Pearson)	0,187	0,156	0,170	-0,034	-0,064	-0,041
	Signifikanz (2-seitig)	0,194	0,393	0,501	0,812	0,727	0,873
Δ PE/ME	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,171	0,325	-0,014	0,002	0,070	-0,168
	Signifikanz (2-seitig)	0,236	0,069	0,955	0,989	0,703	0,505
Δ Summenwinkel	Korrelation (nach Pearson)	0,187	0,156	0,170	-0,034	-0,064	-0,041
	Signifikanz (2-seitig)	0,193	0,392	0,501	0,813	0,728	0,873
Δ N-S-Ar	Korrelation (nach Pearson)	0,240	0,063	0,311	-0,274	-0,242	-0,349
	Signifikanz (2-seitig)	0,093	0,733	0,209	0,055	0,182	0,156
Δ S-Ar-Go	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,320	-0,267	-0,442	0,243	0,107	0,443
	Signifikanz (2-seitig)	0,023	0,139	0,066	0,089	0,561	0,066
Δ Ar-Go-Me	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,272	0,313	0,281	-0,159	-0,077	-0,329
	Signifikanz (2-seitig)	0,056	0,081	0,259	0,269	0,676	0,182
Δ SN-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,226	-0,126	-0,294	-0,022	0,036	-0,228
	Signifikanz (2-seitig)	0,114	0,492	0,236	0,878	0,844	0,362

Tabelle 17: Korrelationen mit P4, Maxilla

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-SPA	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,136	0,135	0,118	0,200	0,264	0,040
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,347</i>	<i>0,462</i>	<i>0,642</i>	<i>0,164</i>	<i>0,144</i>	<i>0,874</i>
Δ S-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,183	0,222	0,077	0,055	0,102	0,097
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,202</i>	<i>0,222</i>	<i>0,760</i>	<i>0,703</i>	<i>0,577</i>	<i>0,701</i>
Δ N-SPA	Korrelation (nach Pearson)	0,132	0,014	0,236	0,057	-0,126	0,321
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,361</i>	<i>0,937</i>	<i>0,346</i>	<i>0,694</i>	<i>0,492</i>	<i>0,194</i>
Δ N-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,199	0,182	0,133	0,200	-0,004	0,402
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,166</i>	<i>0,319</i>	<i>0,599</i>	<i>0,164</i>	<i>0,981</i>	<i>0,099</i>
Δ Ba-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,101	0,100	-0,007	-0,102	0,012	-0,150
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,484</i>	<i>0,584</i>	<i>0,977</i>	<i>0,480</i>	<i>0,948</i>	<i>0,553</i>
Δ Ba-S-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,059	-0,057	0,127	-0,125	-0,032	-0,251
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,684</i>	<i>0,758</i>	<i>0,617</i>	<i>0,386</i>	<i>0,861</i>	<i>0,316</i>
Δ SN-SPA	Korrelation (nach Pearson)	-0,158	-0,150	-0,013	0,133	0,170	-0,059
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,274</i>	<i>0,411</i>	<i>0,959</i>	<i>0,358</i>	<i>0,352</i>	<i>0,816</i>
Δ SPP-SPA-BaN	Korrelation (nach Pearson)	-0,122	-0,269	0,009	-0,129	-0,206	0,102
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,400</i>	<i>0,136</i>	<i>0,970</i>	<i>0,371</i>	<i>0,257</i>	<i>0,688</i>
Δ SN/OE	Korrelation (nach Pearson)	-0,085	-0,268	0,161	-0,228	-0,276	0,069
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,557</i>	<i>0,138</i>	<i>0,523</i>	<i>0,111</i>	<i>0,126</i>	<i>0,786</i>
Δ SPA-N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	-0,182	-0,327	0,139	0,156	0,088	0,074
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,206</i>	<i>0,068</i>	<i>0,583</i>	<i>0,280</i>	<i>0,632</i>	<i>0,771</i>
Δ SN/PE	Korrelation (nach Pearson)	-0,023	-0,239	0,117	-0,145	-0,230	0,146
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,876</i>	<i>0,187</i>	<i>0,645</i>	<i>0,315</i>	<i>0,206</i>	<i>0,565</i>
Δ SNA	Korrelation (nach Pearson)	0,054	-0,084	0,096	-0,159	0,039	-0,384
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,710</i>	<i>0,649</i>	<i>0,704</i>	<i>0,269</i>	<i>0,831</i>	<i>0,116</i>



Tabelle 18: Korrelationen mit P4, Mandibula

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-Go	Korrelation (nach Pearson)	0,373	0,386	0,276	-0,031	-0,001	-0,086
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,008</i>	<i>0,029</i>	<i>0,268</i>	<i>0,829</i>	<i>0,994</i>	<i>0,735</i>
Δ N-Gn	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,123	0,108	0,054	-0,064	-0,090	0,065
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,394</i>	<i>0,558</i>	<i>0,832</i>	<i>0,658</i>	<i>0,623</i>	<i>0,798</i>
Δ N-Me	Korrelation (nach Pearson)	0,227	0,153	0,225	0,065	-0,131	0,288
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,113</i>	<i>0,402</i>	<i>0,370</i>	<i>0,656</i>	<i>0,476</i>	<i>0,246</i>
Δ N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	0,211	0,105	0,294	0,077	-0,096	0,270
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,142</i>	<i>0,566</i>	<i>0,237</i>	<i>0,597</i>	<i>0,600</i>	<i>0,278</i>
Δ Ba-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,192	0,272	-0,061	-0,088	-0,042	-0,201
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,182</i>	<i>0,133</i>	<i>0,810</i>	<i>0,541</i>	<i>0,821</i>	<i>0,423</i>
Δ Cod-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,178	0,209	0,015	-0,128	-0,073	-0,337
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,215</i>	<i>0,251</i>	<i>0,951</i>	<i>0,377</i>	<i>0,690</i>	<i>0,171</i>
Δ SNB	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,027	0,121	-0,234	-0,002	0,083	-0,078
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,854</i>	<i>0,510</i>	<i>0,349</i>	<i>0,988</i>	<i>0,651</i>	<i>0,757</i>
Δ ANB	Korrelation (nach Pearson)	-0,045	-0,248	0,151	0,002	-0,168	-0,159
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,758</i>	<i>0,171</i>	<i>0,551</i>	<i>0,992</i>	<i>0,358</i>	<i>0,529</i>
Δ SN/ME	Korrelation (nach Pearson)	-0,011	-0,112	0,112	-0,075	-0,205	0,090
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,939</i>	<i>0,541</i>	<i>0,657</i>	<i>0,604</i>	<i>0,260</i>	<i>0,723</i>
Δ PE/ME	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,029	0,039	-0,226	0,037	0,021	-0,018
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,842</i>	<i>0,832</i>	<i>0,367</i>	<i>0,797</i>	<i>0,908</i>	<i>0,945</i>
Δ Summenwinkel	Korrelation (nach Pearson)	-0,012	-0,113	0,112	-0,076	-0,206	0,090
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,935</i>	<i>0,537</i>	<i>0,657</i>	<i>0,602</i>	<i>0,259</i>	<i>0,723</i>
Δ N-S-Ar	Korrelation (nach Pearson)	-0,024	-0,297	0,275	-0,348	-0,340	-0,367
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,866</i>	<i>0,099</i>	<i>0,270</i>	<i>0,013</i>	<i>0,057</i>	<i>0,134</i>
Δ S-Ar-Go	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,238	-0,098	-0,519	0,206	0,091	0,379
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,097</i>	<i>0,593</i>	<i>0,027</i>	<i>0,152</i>	<i>0,619</i>	<i>0,121</i>
Δ Ar-Go-Me	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,240	0,177	0,325	-0,104	-0,007	-0,325
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,094</i>	<i>0,333</i>	<i>0,188</i>	<i>0,474</i>	<i>0,969</i>	<i>0,188</i>
Δ SN-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,027	0,114	-0,214	0,035	0,091	-0,055
	<i>Signifikanz (2-seitig)</i>	<i>0,851</i>	<i>0,536</i>	<i>0,395</i>	<i>0,809</i>	<i>0,622</i>	<i>0,829</i>

Tabelle 19: Korrelationen mit P5, Maxilla

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-SPA	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,364	0,267	0,527	-0,050	-0,286	0,283
	Signifikanz (2-seitig)	0,010	0,139	0,030	0,737	0,126	0,255
Δ S-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,249	0,213	0,439	-0,198	-0,321	0,042
	Signifikanz (2-seitig)	0,084	0,242	0,078	0,177	0,084	0,867
Δ N-SPA	Korrelation (nach Pearson)	0,404	0,258	0,559	0,089	0,109	0,001
	Signifikanz (2-seitig)	0,004	0,155	0,020	0,549	0,565	0,997
Δ N-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,353	0,201	0,483	0,158	0,213	-0,034
	Signifikanz (2-seitig)	0,013	0,269	0,050	0,285	0,259	0,893
Δ Ba-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,117	0,045	0,169	-0,329	-0,267	-0,453
	Signifikanz (2-seitig)	0,424	0,808	0,516	0,023	0,153	0,059
Δ Ba-S-SPP	Korrelation (nach Pearson)	-0,063	-0,136	0,017	-0,227	-0,075	-0,527
	Signifikanz (2-seitig)	0,667	0,459	0,948	0,120	0,695	0,025
Δ SN-SPA	Korrelation (nach Pearson)	-0,002	0,206	-0,172	0,038	-0,200	0,519
	Signifikanz (2-seitig)	0,989	0,258	0,510	0,798	0,289	0,027
Δ SPP-SPA-BaN	Korrelation (nach Pearson)	0,134	0,097	0,125	0,051	0,150	-0,146
	Signifikanz (2-seitig)	0,357	0,597	0,632	0,729	0,429	0,564
Δ SN/OE	Korrelation (nach Pearson)	0,042	-0,067	0,157	0,007	0,087	-0,136
	Signifikanz (2-seitig)	0,775	0,717	0,548	0,965	0,648	0,590
Δ SPA-N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	0,138	0,088	0,294	-0,032	-0,149	0,240
	Signifikanz (2-seitig)	0,343	0,633	0,252	0,828	0,431	0,338
Δ SN/PE	Korrelation (nach Pearson)	0,229	0,084	0,238	0,167	0,236	-0,044
	Signifikanz (2-seitig)	0,114	0,649	0,358	0,255	0,209	0,861
Δ SNA	Korrelation (nach Pearson)	0,199	0,143	0,081	-0,223	-0,157	-0,351
	Signifikanz (2-seitig)	0,170	0,435	0,756	0,128	0,408	0,154

Tabelle 20: Korrelationen mit P5, Mandibula

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-Go	Korrelation (nach Pearson)	0,389	0,356	0,392	-0,186	-0,318	0,026
	Signifikanz (2-seitig)	0,006	0,045	0,119	0,206	0,086	0,919
Δ N-Gn	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,428	0,302	0,532	-0,037	-0,055	0,028
	Signifikanz (2-seitig)	0,002	0,093	0,028	0,804	0,771	0,913
Δ N-Me	Korrelation (nach Pearson)	0,431	0,305	0,532	-0,017	-0,024	-0,005
	Signifikanz (2-seitig)	0,002	0,089	0,028	0,906	0,901	0,984
Δ N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	0,375	0,203	0,598	0,081	0,078	0,062
	Signifikanz (2-seitig)	0,008	0,266	0,011	0,584	0,683	0,807
Δ Ba-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,368	0,315	0,375	-0,036	-0,079	-0,141
	Signifikanz (2-seitig)	0,009	0,080	0,138	0,811	0,678	0,576
Δ Cod-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,405	0,271	0,510	0,063	0,050	0,044
	Signifikanz (2-seitig)	0,004	0,133	0,037	0,671	0,792	0,861
Δ SNB	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,110	0,242	-0,250	0,040	-0,136	0,300
	Signifikanz (2-seitig)	0,453	0,182	0,333	0,786	0,473	0,226
Δ ANB	Korrelation (nach Pearson)	0,279	0,211	0,102	-0,053	0,045	-0,037
	Signifikanz (2-seitig)	0,052	0,247	0,698	0,723	0,814	0,884
Δ SN/ME	Korrelation (nach Pearson)	0,195	0,046	0,179	0,046	0,224	-0,226
	Signifikanz (2-seitig)	0,180	0,803	0,492	0,759	0,235	0,367
Δ PE/ME	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,016	0,037	0,137	-0,102	-0,029	-0,249
	Signifikanz (2-seitig)	0,915	0,842	0,599	0,489	0,880	0,320
Δ Summenwinkel	Korrelation (nach Pearson)	0,196	0,046	0,179	0,045	0,224	-0,226
	Signifikanz (2-seitig)	0,177	0,803	0,492	0,761	0,234	0,367
Δ N-S-Ar	Korrelation (nach Pearson)	0,196	-0,057	0,520	-0,086	0,104	-0,498
	Signifikanz (2-seitig)	0,177	0,755	0,033	0,561	0,586	0,035
Δ S-Ar-Go	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,116	0,023	-0,346	0,209	0,022	0,490
	Signifikanz (2-seitig)	0,427	0,903	0,174	0,154	0,910	0,039
Δ Ar-Go-Me	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,092	0,021	0,257	-0,193	-0,046	-0,395
	Signifikanz (2-seitig)	0,528	0,910	0,319	0,190	0,810	0,104
Δ SN-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,087	0,187	-0,252	0,043	-0,103	0,230
	Signifikanz (2-seitig)	0,551	0,306	0,328	0,773	0,586	0,358

Tabelle 21: Korrelationen mit P6, Maxilla

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-SPA	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,550	0,581	0,423	0,042	0,039	-0,028
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,001	0,090	0,786	0,842	0,918
Δ S-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,496	0,448	0,535	0,203	0,213	0,343
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,013	0,027	0,181	0,268	0,193
Δ N-SPA	Korrelation (nach Pearson)	0,392	0,536	0,081	0,222	0,037	0,538
	Signifikanz (2-seitig)	0,007	0,002	0,758	0,143	0,850	0,032
Δ N-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,492	0,562	0,298	0,216	-0,015	0,561
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,001	0,245	0,154	0,939	0,024
Δ Ba-SPP	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,399	0,147	0,563	0,230	0,252	0,150
	Signifikanz (2-seitig)	0,005	0,437	0,019	0,128	0,187	0,579
Δ Ba-S-SPP	Korrelation (nach Pearson)	0,034	-0,230	0,267	0,081	0,069	0,149
	Signifikanz (2-seitig)	0,823	0,222	0,300	0,596	0,723	0,581
Δ SN-SPA	Korrelation (nach Pearson)	-0,186	-0,098	-0,128	-0,090	-0,058	-0,179
	Signifikanz (2-seitig)	0,211	0,607	0,624	0,557	0,767	0,507
Δ SPP-SPA-BaN	Korrelation (nach Pearson)	-0,198	-0,041	-0,466	0,029	-0,003	0,126
	Signifikanz (2-seitig)	0,181	0,829	0,060	0,851	0,989	0,641
Δ SN/OE	Korrelation (nach Pearson)	-0,147	-0,165	-0,237	-0,132	-0,123	-0,145
	Signifikanz (2-seitig)	0,326	0,384	0,359	0,387	0,525	0,591
Δ SPA-N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	-0,221	-0,149	-0,370	-0,105	-0,070	-0,211
	Signifikanz (2-seitig)	0,136	0,431	0,143	0,493	0,718	0,432
Δ SN/PE	Korrelation (nach Pearson)	-0,092	0,011	-0,355	0,059	-0,023	0,359
	Signifikanz (2-seitig)	0,540	0,953	0,162	0,698	0,904	0,171
Δ SNA	Korrelation (nach Pearson)	0,117	0,073	-0,017	-0,085	0,040	-0,324
	Signifikanz (2-seitig)	0,432	0,700	0,948	0,578	0,838	0,220

Tabelle 22: Korrelationen mit P6, Mandibula

Parameter		PG 1	PG 1 (I)	PG 1 (III)	PG 2	PG 2 (I)	PG 2 (III)
Δ S-Go	Korrelation (nach Pearson)	0,602	0,672	0,453	0,093	-0,134	0,531
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,068	0,543	0,489	0,034
Δ N-Gn	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,600	0,629	0,411	0,073	0,053	0,203
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,101	0,634	0,785	0,451
Δ N-Me	Korrelation (nach Pearson)	0,533	0,595	0,338	0,249	0,087	0,490
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,001	0,184	0,098	0,652	0,054
Δ N-Pog	Korrelation (nach Pearson)	0,492	0,550	0,310	0,244	0,101	0,481
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,002	0,225	0,106	0,603	0,059
Δ Ba-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,621	0,584	0,586	0,144	0,031	0,379
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,001	0,013	0,347	0,873	0,147
Δ Cod-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,611	0,601	0,538	0,135	0,036	0,329
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,026	0,376	0,851	0,213
Δ SNB	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,112	0,033	0,238	-0,031	0,082	-0,172
	Signifikanz (2-seitig)	0,454	0,864	0,358	0,841	0,671	0,524
Δ ANB	Korrelation (nach Pearson)	-0,055	-0,007	-0,375	-0,085	-0,051	-0,279
	Signifikanz (2-seitig)	0,714	0,970	0,138	0,580	0,791	0,295
Δ SN/ME	Korrelation (nach Pearson)	-0,009	0,133	-0,396	0,019	0,056	-0,107
	Signifikanz (2-seitig)	0,950	0,482	0,116	0,904	0,774	0,695
Δ PE/ME	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,124	0,160	0,269	-0,012	0,067	-0,224
	Signifikanz (2-seitig)	0,408	0,398	0,297	0,939	0,730	0,405
Δ Summenwinkel	Korrelation (nach Pearson)	-0,009	0,134	-0,396	0,018	0,055	-0,107
	Signifikanz (2-seitig)	0,952	0,481	0,116	0,905	0,775	0,695
Δ N-S-Ar	Korrelation (nach Pearson)	0,057	-0,080	0,014	-0,208	-0,280	0,008
	Signifikanz (2-seitig)	0,702	0,674	0,959	0,171	0,141	0,978
Δ S-Ar-Go	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,201	-0,208	-0,069	0,077	0,083	0,000
	Signifikanz (2-seitig)	0,175	0,269	0,793	0,616	0,670	1,000
Δ Ar-Go-Me	Korrelation (nach Spearm. Rho)	0,139	0,286	-0,178	-0,028	-0,025	-0,085
	Signifikanz (2-seitig)	0,352	0,125	0,495	0,856	0,898	0,753
Δ SN-Pog	Korrelation (nach Spearm. Rho)	-0,055	0,023	0,258	-0,007	0,080	-0,162
	Signifikanz (2-seitig)	0,714	0,904	0,318	0,964	0,680	0,549

## 8. DANKSAGUNG

Zunächst danke ich Herrn Prof. Dr. Jörg Lisson für die Überlassung des Dissertationsthemas und die Möglichkeit in der Abteilung für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums des Saarlandes zu promovieren.

Des Weiteren gilt mein Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Gero Kinzinger für seine kompetente Unterstützung und die fachliche Betreuung der Dissertation. Zusätzlich bedanke ich mich für die Bereitstellung der notwendigen Röntgenbilder aus der Gemeinschaftspraxis Prof. Dr. Gero Kinzinger/ Dr. Ansgar Schröder.

Meinen Dank möchte ich weiterhin Herrn Dr. Björn Ludwig aussprechen, der mir freundlicherweise die notwendige Primärliteratur sowie die notwendigen Röntgenbilder aus der Gemeinschaftspraxis Dr. Björn Ludwig/ Dr. Bettina Glasl zur Verfügung gestellt hat.

Zusätzlich bedanke ich mich bei Frau Dr. Tanja Kottmann für die Hilfe bei der Bewältigung immenser erhobener Datenmengen im Rahmen der statistischen Auswertung.

Von Herzen gilt mein Dank in besonderem Maße meinen Eltern Christine und Dipl.-Ing. Gert-Michael Spindler, meiner Schwester Jana Spindler und meinem Lebensgefährten Sebastian Jansen für ihre bedingungslose Liebe, klugen Ideen und ihren stets wohl dosierten Optimismus, mit dem sie alle mir geholfen haben, jegliche Höhen und Tiefen zu überwinden und diesen Weg gemeinsam bis zum Ziel zu bestreiten.

## 9. LEBENS LAUF

### Zur Person

Name: Julia Spindler  
Eltern: Christine und Dipl.-Ing. Gert- Michael Spindler  
Geburtsdatum: 28.08.1983  
Geburtsort: Aachen  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: ledig

### Schulischer Werdegang

1990-1994 Schülerin der Gemeinschaftsgrundschule Süd, Jülich  
1994-1997 Schülerin des Gymnasium Haus Overbach, Jülich-Barmen  
1997-2004 Schülerin der Europaschule Mädchengymnasium Jülich  
2004 Abitur

### Studentischer Werdegang

2004-2009 Studium der Zahnheilkunde,  
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen  
11/ 2009 Zahnärztliche Prüfung  
12/ 2009 Approbation

### Beruflicher Werdegang

seit 02/ 2010 Anstellung als Zahnärztin,  
Praxis Dr. Sigrid Honold-Jansen, Erkelenz