

**Diplomarbeit**

**Die sagittale Pharynxtiefe von eugnathen  
PatientInnen anhand von lateralen Fernröntgen**

eingereicht von

**Sandra Müller**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Zahnheilkunde  
(Dr<sup>in</sup>. med. dent.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an

**der klinischen Abteilung für Orale Chirurgie und Kieferorthopädie  
Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheit**

unter der Anleitung von

**Ass.-Prof<sup>in</sup>.Dr<sup>in</sup>. Margit Pichelmayer**

**Priv.Do<sup>z</sup><sup>in</sup>.Dr<sup>in</sup>. Brigitte Wendl**

Graz, 06.10.2016

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 06.10.2016*

*Sandra Müller eh*

## Danksagungen

Besonders bedanken möchte ich mich bei Frau Ass.Prof<sup>in</sup>.Dr<sup>in</sup>. Margit Pichelmayer für die Zeit, ihre Geduld, das Engagement und die konstruktive Kritik bei der Betreuung der Arbeit sowie für ihre Tätigkeit als Zweitzeichnerin.

Ebenfalls danke ich Frau Priv.Doz<sup>in</sup>. Dr<sup>in</sup>. Brigitte Wendl für die Bemühungen als Zweitbetreuerin.

Weiters gilt mein Dank Frau DI Irene Mischak für die Übernahme der statistischen Auswertung.

Abschließend möchte ich mich herzlich bei meiner Familie bedanken, die mir mein Studium durch finanzielle und emotionale Unterstützung ermöglicht hat. Danke.

# Zusammenfassung

## **Zielsetzung:**

Ziel der Arbeit war es, Normwerte des extrathorakalen Luftraums im Pharynxbereich für Klasse I PatientInnen zu eruieren. Weiters sollte ein Vergleich dieser Werte mit einer bereits untersuchten Klasse II/1 Gruppe durchgeführt werden.

## **Methode:**

Die Untersuchungsgruppe umfasste insgesamt 43 Angle Klasse I PatientInnen, 17 männliche Probanden und 26 weibliche Probandinnen, die bis zum Zeitpunkt der lateralen Fernröntgenaufnahme nicht kieferorthopädisch behandelt wurden und im Wachstum weitgehend abgeschlossen waren. Mittels einer an der KFO-Abteilung Graz entwickelten kephalometrischen Analysemethode wurde der oropharyngeale Raum vermessen.

## **Ergebnisse:**

Die statistische Auswertung ergab bei den männlichen Patienten eine signifikant größere Fläche (+25,9%), sowie ein größeres Ausmaß in Tiefe (+5%) und Länge (18%) des vermessenen Pharynxbereichs.

Es konnten weder Korrelationen der Fläche oder Krümmung der Pharynxrückwand bezüglich der cervicalen Lordose, noch ein Zusammenhang der Pharynxrückwandkrümmung mit der ermittelten Fläche, festgestellt werden.

Der Vergleich der berechneten Fläche mit vorhandenen Daten von Klasse II/1 PatientInnen ergab keinen deutlichen Unterschied. Die cervicale Lordose war bei den Klasse I ProbandInnen etwas stärker ausgeprägt.

## **Konklusion:**

Die verwendete kephalometrische Analyse eignet sich nur bedingt für die Beurteilung des extrathorakalen pharyngealen Luftraums, aber ermöglicht kostengünstig eine Erstbeurteilung bezüglich pharyngealer Defizite. Es sollte mittels spezieller Aufnahmetechnik bezüglich der Kopfhaltung und des Schluckens eine Normierung stattfinden und nach Alternativen zum schwer lokalisierbaren Punkt E geforscht werden.

# **Abstract**

## **Objective:**

The aim of this study was to determine standard values for the extrathoracical airway of Class I patients. Furthermore, a comparison of the data with an already investigated Class II/1 group should be done.

## **Method:**

The study group consisted of 43 Angle Class I patients, 17 male subjects and 26 female subjects who had not undergone orthodontic treatment and were fully grown up at the time the lateral cephalograms were taken. The oropharyngeal space was measured by using a cephalometric analysis method developed at the department.

## **Results:**

The statistical evaluation of the measured area of the pharyngeal airway in male patients showed a significantly larger area (+25.9%), as well as a greater extent in depth (+5%) and length (18%).

No correlations between plain or pharyngeal flexion and the cervical lordosis were examined. Also the pharyngeal flexion and the plain showed no direct relation.

A comparison of the calculated plain with Class II/1 subjects (previous study at the same department) showed no significant differences. Class I subjects showed a more distinct lordosis of the cervical spine.

## **Conclusion:**

The cephalometric analysis used in this study is of limited use for assessing the extrathoracical airway, but allows an economical preexamination regarding pharyngeal deficits. The X-ray should be standardized with regards to head posture and swallowing. In addition it is necessary to find an alternative to point E, which is difficult to localize.

# Inhaltsverzeichnis

Danksagungen .....	ii
Zusammenfassung .....	iii
Abstract .....	iv
Inhaltsverzeichnis .....	v
Glossar und Abkürzungen .....	vi
Abbildungsverzeichnis .....	vii
Tabellenverzeichnis .....	ix
1 Einleitung .....	1
1.1 Der Pharynx .....	1
1.1.1 Embryologie - Pharynxentwicklung .....	1
1.1.2 Funktionen des Pharynx .....	4
1.1.3 Anatomie und Darstellung im lateralen Fernröntgen .....	6
1.2 Die Halswirbelsäule .....	7
1.2.1 Anatomie und Darstellung im lateralen Fernröntgen .....	7
1.3 Zielsetzung .....	11
2 Material und Methoden .....	12
2.1 PatientInnen gut .....	12
2.2 Bearbeitung der Fernröntgenbilder .....	13
2.3 Messpunkte .....	15
3 Ergebnisse – Resultate .....	20
3.1 Durchschnittliche sagittale Pharynxtiefe – horizontale Messungen .....	20
3.2 Pharynxlänge – vertikale Messung .....	21
3.3 Flächenberechnung .....	22
3.3.1 Geschlechterunterschied in der Fläche .....	23
3.3.2 Vermessung der Krümmung der Pharynxrückwand und der Halswirbelsäule – Korrelationen .....	24
3.4 Flächenunterschied zu Klasse II/1 (Prodinge, 2015) .....	26
3.5 Unterschied in der cervicalen Lordose (x-y) zu Klasse II/1 (Prodinge, 2015) .....	27
4 Diskussion .....	28
4.1 Methode der Arbeit .....	28
4.1.1 Durchzeichnung .....	32
4.2 Interpretation der Resultate .....	32
4.3 Konklusion .....	35
5 Literaturverzeichnis .....	36

## Glossar und Abkürzungen

FH	Frankfurter Horizontale
FR	Fernröntgen
HWS	Halswirbelsäule
Min	Minimum
Max	Maximum
MRI	Magnetresonanztomographie
NHP	Natural Head Position
n	Anzahl der PatientInnen
OSA	obstruktive Schlafapnoe
PAS	pharyngeal airway space
PE	Palatinalebene
SD	Standardabweichung
SNB	Winkel zwischen Sella, Nasion und B-Punkt
SpNA	Spina nasalis anterior
SpNP	Spina nasalis posterior

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Querschnitt durch die embryonale Kopfregion auf Höhe der 1. Schlundtasche (Moore & Persaud, 1996, S. 216). .....	2
<b>Abbildung 2:</b> Derivate der Kiemenbogenknorpel, 24 Wochen alter Fetus von lateral (Moore & Persaud, 1996, S. 220). .....	3
<b>Abbildung 3:</b> Schluckakt (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2006, S. 183). ..	5
<b>Abbildung 4:</b> Etagengliederung des Pharynx vgl. <a href="http://slideplayer.org/slide/7923717/">http://slideplayer.org/slide/7923717/</a> am 26.7.2016. ....	6
<b>Abbildung 5:</b> Etagengliederung des Pharynx (schematisch, Ansicht von rechts lateral), rot: Nasopharynx, gelb: Oropharynx, grün: Laryngopharynx, <a href="http://teaching.thehumanbrain.info/theorie.php?theo=16">http://teaching.thehumanbrain.info/theorie.php?theo=16</a> am 26.7.2016. ....	6
<b>Abbildung 6:</b> Laterales Fernröntgen des Halses, cervicale Lordose gut erkennbar (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 319). ....	7
<b>Abbildung 7:</b> laterales Röntgen, Atlas grün, Axis rot, vgl. <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Atlas_(Halswirbel)#/media/File:HWS_seitlich_Annotation.jpg">https://de.wikipedia.org/wiki/Atlas_(Halswirbel)#/media/File:HWS_seitlich_Annotation.jpg</a> am 5.9.2016. ....	8
<b>Abbildung 8:</b> Erster Halswirbel oder Atlas, Ansicht von oben (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 317). ....	8
<b>Abbildung 9:</b> Atlas im Fernröntgen .....	9
<b>Abbildung 10:</b> Zweiter Halswirbel oder Axis, Ansicht von cranial (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 318). ....	9
<b>Abbildung 11:</b> Zweiter Halswirbel oder Axis, Ansicht von links lateral (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 318). ....	9
<b>Abbildung 12:</b> Axis im Fernröntgen .....	10
<b>Abbildung 13:</b> Vermessung der Pharynxtiefe .....	16
<b>Abbildung 14:</b> Vermessung der Pharynxrückwand .....	17
<b>Abbildung 15:</b> Vermessung der Wirbelsäule.....	19
<b>Abbildung 16:</b> Durchschnittliche Pharynxtiefe der Frauen .....	20
<b>Abbildung 17:</b> Durchschnittliche Pharynxtiefe der Männer .....	20
<b>Abbildung 18:</b> Pharynxlänge.....	21
<b>Abbildung 19:</b> Flächenberechnung.....	22
<b>Abbildung 20:</b> Lage der Punkte y (HWS) und b (Pharynx) anterior bzw. posterior ihrer Referenzlinien sowie ihr Bezug zur Fläche .....	24
<b>Abbildung 21:</b> Vermessung der HWS.....	25

<b>Abbildung 22:</b> Vermessung der Pharynxrückwand .....	25
<b>Abbildung 23:</b> Vergleich der Flächen des Pharynx Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen .....	26
<b>Abbildung 24:</b> Krümmung der Wirbelsäule bei Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen .....	27
<b>Abbildung 25:</b> rote Linie = Anhaftung des Pharynx am Schädel, vgl. <a href="http://slideplayer.org/slide/7923717/">http://slideplayer.org/slide/7923717/</a> am 26.7.2016. ....	28
<b>Abbildung 26:</b> Recessus pharyngeus (Rosenmüller).....	29
<b>Abbildung 27:</b> Frankfurter Horizontale in Abhängigkeit der Kopfpositionierung bei Röntgenaufnahme, A: regelrechte Positionierung, B: Extension, C: Flexion .....	30
<b>Abbildung 28:</b> Möglicher Einfluss der Wirbelsäulenkrümmung und der Lage der Kiefer auf den PAS, grün: HWS-Krümmung, rot: Zungenrücken, blau: Velum palatinum.....	33

## **Tabellenverzeichnis**

<b>Tabelle 1:</b> Derivate der Kiemenbögen vgl. (Moore & Persaud, 1996, S. 222). .....	3
<b>Tabelle 2:</b> Definition der Messpunkte und –strecken des Pharynx .....	15
<b>Tabelle 3:</b> Messpunkte und -strecken der Wirbelsäule .....	18
<b>Tabelle 4:</b> Flächenberechnung in mm <sup>2</sup> .....	23
<b>Tabelle 5:</b> Geschlechterunterschied Flächenausmaß in mm <sup>2</sup> .....	23
<b>Tabelle 6:</b> Flächenvergleich in mm <sup>2</sup> Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen .....	26
<b>Tabelle 7:</b> Vergleich der Wirbelsäulenkrümmung von Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen, in mm .....	27

# 1 Einleitung

Der Pharynx liegt außerhalb des normalerweise routinemäßig durchgezeichneten Fernröntgenbereichs. Diese Region wird vom Kieferorthopäden zwar röntgendiagnostisch beurteilt, jedoch weder einer klassischen Untersuchung noch einer Ausmessung unterzogen. Für gewisse Fragestellungen in der Kieferorthopädie erweist sich der Pharynx als relevant und soll in dieser Arbeit näher in den Blickwinkel gebracht werden.

## 1.1 *Der Pharynx*

### 1.1.1 Embryologie - Pharynxentwicklung

Bestandteile des Kiemenapparates sind:

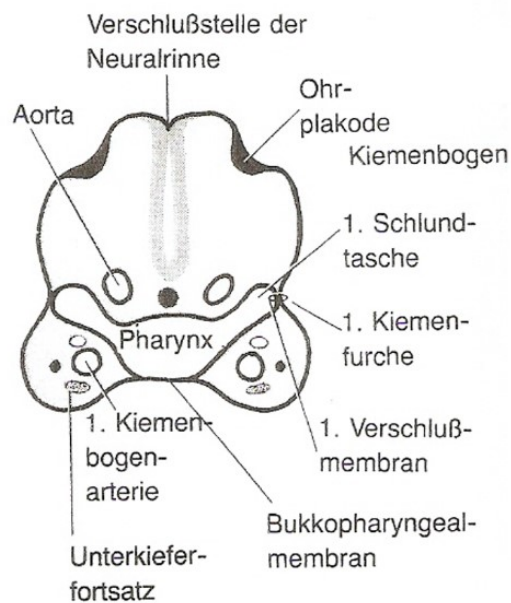
- Kiemenbögen
- Kiemen- oder Schlundtaschen
- Kiemenfurchen
- Kiemenbogenmembranen

In der vierten Entwicklungswoche wandern Zellen von der Neuralleiste in die Kopf- und Nackenregion aus. Der erste Kiemenbogen oder Branchialbogen mit der Ober- und Unterkieferanlage liegt lateral des sich entwickelnden Pharynx. Nach und nach entstehen quer verlaufende Wülste in der Kopfregion, die gegen Ende der vierten Woche zu Kiemenbogenpaaren heranreifen. Die Kiemenbögen werden von cranial nach caudal durchnummeriert. Der fünfte und sechste Kiemenbogen sind rudimentär. Manchmal fehlt der fünfte Kiemenbogen ganz. Alle Branchialbögen sind durch Kiemenbogenfurchen voneinander getrennt.

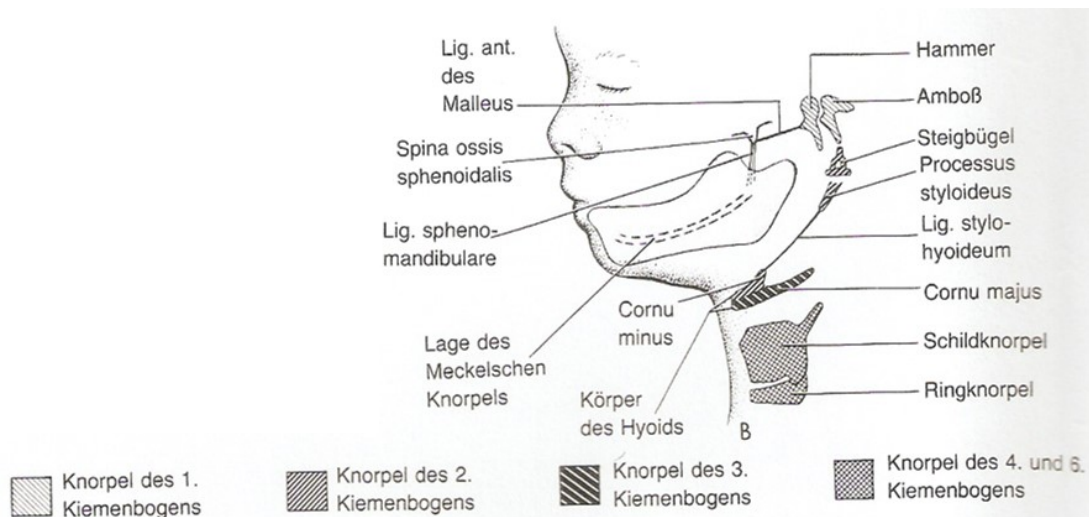
Der primitive Pharynx ist cranial weit und verjüngt sich nach caudal. Er ist von einer entodermalen Schleimhaut ausgekleidet, die vier deutlich erkennbare, divertikelartige, paarige Schlundtaschen ausbildet. Diese liegen zwischen den einzelnen Kiemenbögen. Die fünfte Schlundtasche bleibt entweder rudimentär oder fehlt überhaupt.

Das Entoderm verbindet sich mit dem Ektoderm und bildet eine Doppelmembran, die sogenannte Kiemenmembran, aus. Diese Membran trennt die Taschen von den entsprechenden Kiemenfurchen.

Großen Anteil an der Gesichtsentwicklung trägt der erste Kiemenbogen. Der zweite Kiemenbogen ist für die Entstehung des Ohres verantwortlich und bildet das Cornu minus und die obere Hälfte des Zungenbeinkörpers aus. Dem dritten Branchialknorpel entstammen das Cornu majus und die untere Hälfte des Zungenbeinkörpers. Die Kehlkopfknorpel sind Derivate der vierten und sechsten Kiemenknorpel, mit Ausnahme der Epiglottis. Diese entwickelt sich aus der Eminentia hypobranchialis, welche ein Derivat des dritten und vierten Kiemenbogens darstellt (Moore & Persaud, 1996).



**Abbildung 1: Querschnitt durch die embryonale Kopfregion auf Höhe der 1. Schlundtasche**  
(Moore & Persaud, 1996, S. 216).



**Abbildung 2: Derivate der Kiemenbogenknorpel, 24 Wochen alter Fetus von lateral** (Moore & Persaud, 1996, S. 220).

Kiemenbogen	Muskeln	Skelettelemente
1. Mandibularbogen	Kaumuskeln (Mm. Temporalis, masseter, pterygoideus medialis und lateralis), M.mylohyoideus, Venter anterior des M. digastricus, M. tensor tympani, M. tensor veli palatini	Mandibula, Maxilla, Os zygomaticum, Pars squamosa ossis temporalis, Hammer, Amboß
2. Hyoidbogen	Mimische Muskulatur, M. buccinator Platysma, Stapedius, Stylohyoideus, Venter posterior des M. digastricus	Steigbügel, Proc. Styloideus, kleines Zungenbeinhorn, oberer Teil des Zungenbeinkörpers
3. Kiemenbogen	M. stylopharyngeus	Großes Zungenbeinhorn, unterer Teil des Zungenbeinkörpers
4. und 6. Kiemenbogen	Pharynx- und Larynxmuskulatur	Schildknorpel, Ringknorpel, Aryknorpel, Cartilago corniculata u. cuneiformis

**Tabelle 1: Derivate der Kiemenbögen** vgl. (Moore & Persaud, 1996, S. 222).

## **1.1.2 Funktionen des Pharynx**

Der Pharynx ist Teil des Respirationstrakts, in dem sich Luft- und Speiseweg kreuzen. Der Bolus aus der Mundhöhle wird über den Pharynx in die Speiseröhre weitergeleitet. Einzelne Geschmacksknospen sowie Organe der Immunabwehr befinden sich im Bereich des Pharynx.

### **1.1.2.1 Schluckakt**

Der Schluckakt kann in drei Phasen unterteilt werden.

#### **Orale Phase**

Am Beginn steht die willkürlich beeinflussbare orale Phase. Die über die Mundöffnung aufgenommene Nahrung wird in der Mundhöhle zerkleinert, mit Speichel durchmischt und am Gaumen entlang zum Isthmus faucium transportiert. Die Zunge wird nun zum Gaumen geführt und nach hinten verlagert. Durch einen erzeugten Überdruck in der Mundhöhle wird der Isthmus faucium geöffnet und der Speisebrei gelangt in den Pharynx.

#### **Pharyngeale Phase**

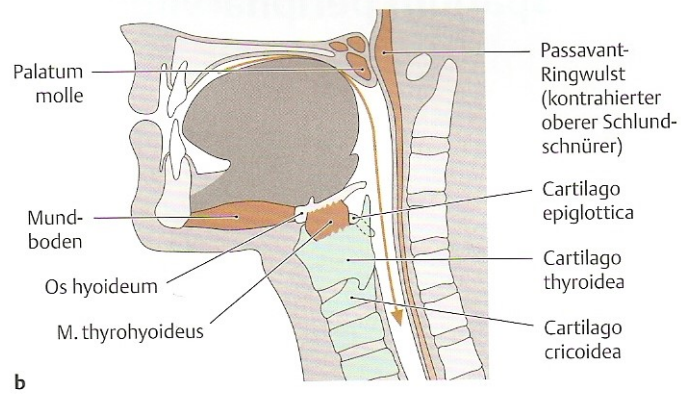
Wird der *Musculus constrictor pharyngis superior* kontrahiert, bildet sich an der hinteren Pharynxwand der sogenannte Passavant-Wulst. Das Gaumensegel (Kontraktion der *Musculi tensor und levator veli palatini*) wird während des Schluckaktes gegen diesen Wulst gedrückt und verhindert ein Übertreten von Speisen und Flüssigkeiten in die *Pars nasalis pharyngis* und die *Cavitas nasi*. Der Rückweg in die Mundhöhle wird durch die nach hinten verlagerte Zunge und das Sphinkterensystem verhindert.

In der oralen Schluckphase hebt sich der Mundboden. Dies löst reflektorisch eine nach oben und vorne Verlagerung des Zungenbeins und des Kehlkopfes aus. Dies bedingt eine passive Lageveränderung der Epiglottis über den *Aditus laryngis* mit Verschluss der Glottis und Unterdrückung der Atmung.

#### **Ösophageale Phase**

Der Transport der Nahrung wird durch Kontraktion der Schlundschnürer gewährleistet. Die Wand des Pharynx wird nach oben gezogen und somit gelangt

der Speisebrei in den Ösophagus. Dort erfolgt der Weitertransport mittels Peristaltik (Waldeyer, 2009) (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2006) (Lenarz & Boenninghaus, 2012) (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989).



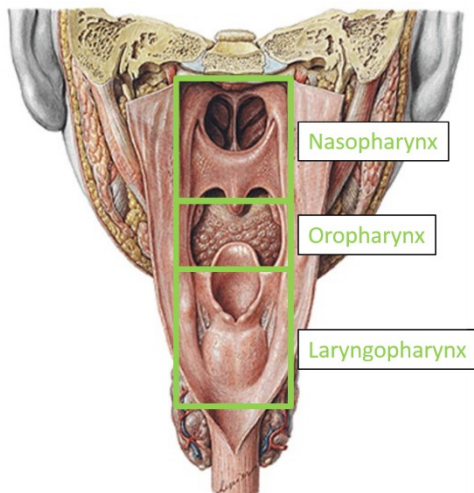
**Abbildung 3: Schluckakt** (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2006, S. 183).

### 1.1.3 Anatomie und Darstellung im lateralen Fernröntgen

Der Pharynx erstreckt sich von der Schädelbasis bis zum sechsten Halswirbel. Hier mündet der muskulomembranöse Schlauch in den Ösophagus.

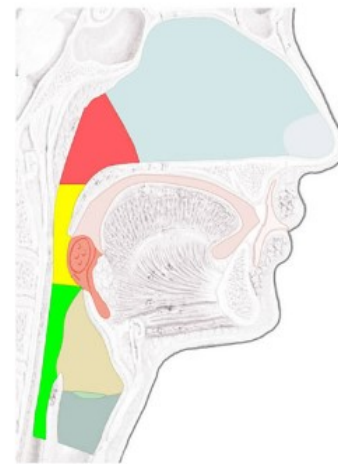
#### ***Etagengliederung***

Die Cavitas pharyngis wird in drei Abschnitte unterteilt. Der Nasopharynx (Pars nasalis pharyngis, Epipharynx), als cranialster Teil, reicht vom Fornix pharyngis bis zum Palatum molle. Der mittlere Abschnitt, der Oropharynx (Pars oralis pharyngis, Mesopharynx), erstreckt sich vom weichen Gaumen bis zum Oberrand der Epiglottis. Der Laryngopharynx (Pars laryngea pharyngis, Hypopharynx) reicht vom oberen Epiglottisrand bis zum Ringknorpel und geht dann in die Speiseröhre über (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989) (Waldeyer, 2009) (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2006).



**Abbildung 4: Etagengliederung des Pharynx**

vgl. <http://slideplayer.org/slide/7923717/> am 26.7.2016.



**Abbildung 5: Etagengliederung des Pharynx**

(schematisch, Ansicht von rechts lateral),

rot: Nasopharynx, gelb: Oropharynx,

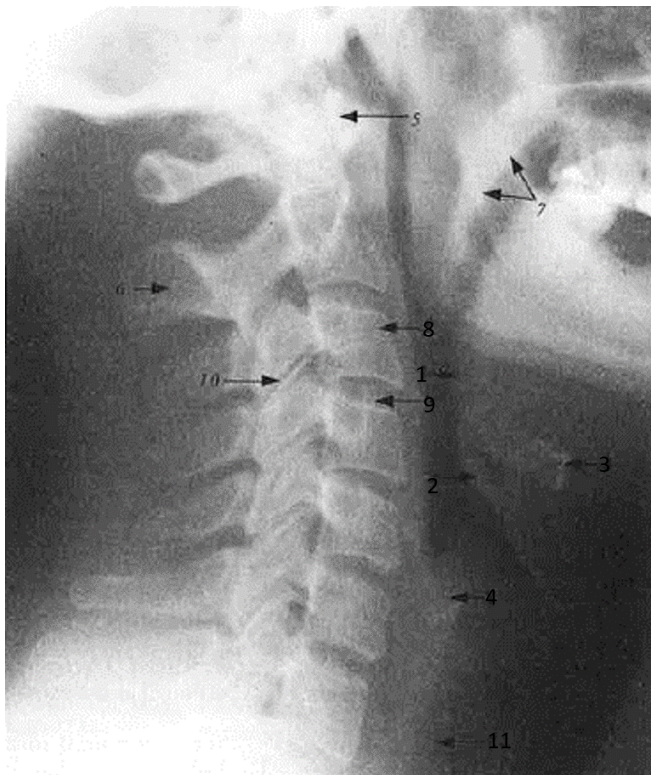
grün: Laryngopharynx,

<http://teaching.thehumanbrain.info/theorie.php?theo=16> am 26.7.2016.

## 1.2 Die Halswirbelsäule

### 1.2.1 Anatomie und Darstellung im lateralen Fernröntgen

Die Studie fokussiert sich auf den Zusammenhang zwischen dem Ausmaß des Rachenraums und dem Ausmaß der cervicalen Lordose. Es stellt sich die Frage, ob bei Probanden mit stärker ausgeprägter cervicalen Lordose ein verkleinerter Rachenraum vorliegt.



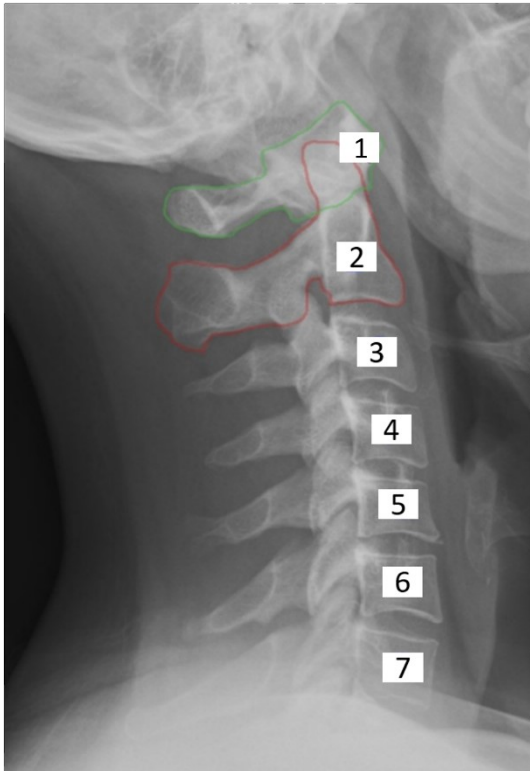
**Abbildung 6: Laterales Fernröntgen des Halses, cervicale Lordose gut erkennbar** (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 319).

1. pharyngealer Teil der Zunge,
2. Epiglottis,
3. Corpus ossis hyoidei,
4. Cartilago thyroidea (Kalzifizierung),
5. Tuberculum anterius des Atlas,
6. Processus spinosus des Axis,
7. Palatum molle,
8. Charakteristischer cervikaler Wirbelkörper,
9. Discus intervertebralis,
10. Zygapophysialgelenk,
11. Luft in der Trachea

An diesem lateralen Röntgenbild des Halses kann man die Lordose im cervicalen Bereich gut erkennen.

Die sieben Halswirbel haben typischerweise ein Foramen in jedem Processus transversus. Ein typischer Halswirbel zeichnet sich durch einen kleinen, aber breiten Corpus vertebrae aus. Das Foramen vertebrale ist groß und dreieckig und der Processus spinosus gegabelt.

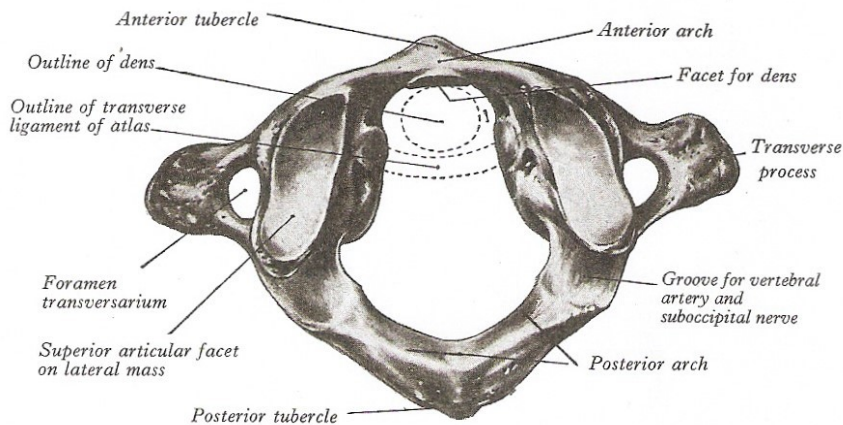
Der erste und zweite Halswirbel heben sich anatomisch von den anderen ab. Sie sind so gebaut, dass sie die Last des Kopfes aufnehmen können und die Bewegungen in drei Richtungen ausführbar sind (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989) (Waldeyer, 2009) (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2006).



**Abbildung 7: laterales Röntgen, Atlas grün, Axis rot,**

vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Atlas\\_\(Halswirbel\)#/media/File:HWS\\_seitlich\\_Annotation.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Atlas_(Halswirbel)#/media/File:HWS_seitlich_Annotation.jpg) am 5.9.2016.

## Atlas



**Abbildung 8: Erster Halswirbel oder Atlas, Ansicht von oben** (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 317).

Der erste Halswirbel unterscheidet sich von allen übrigen durch das Fehlen eines Wirbelkörpers. In diesem Bereich findet der Dens axis Platz, welcher als Drehpunkt des Atlas fungiert. Das Ligamentum transversum atlantis hält den Dens in Position. Die Massae laterales an beiden Seiten werden durch den Arcus anterior und den Arcus posterior verbunden. Als einziger Wirbel besitzt der Atlas keinen Dornfortsatz.

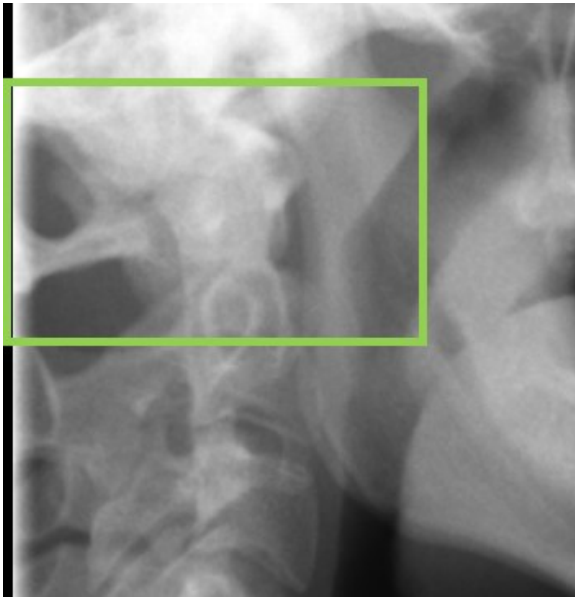


Abbildung 9: Atlas im Fernröntgen

## Axis

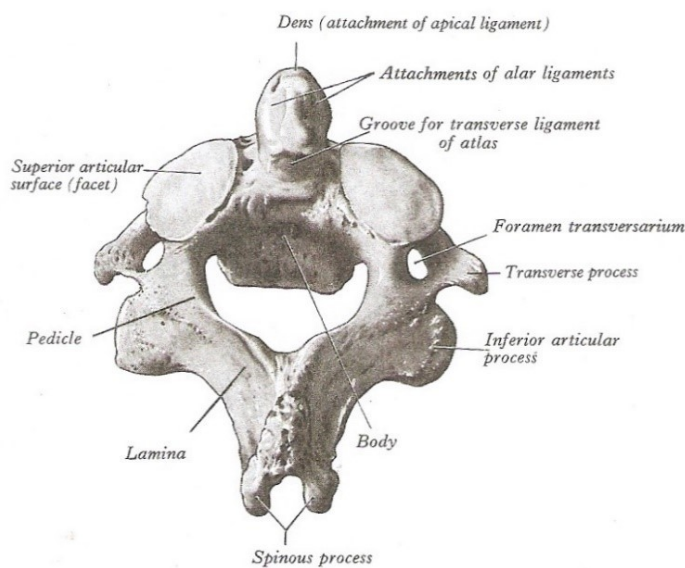


Abbildung 10: Zweiter Halswirbel oder Axis, Ansicht von cranial (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 318).

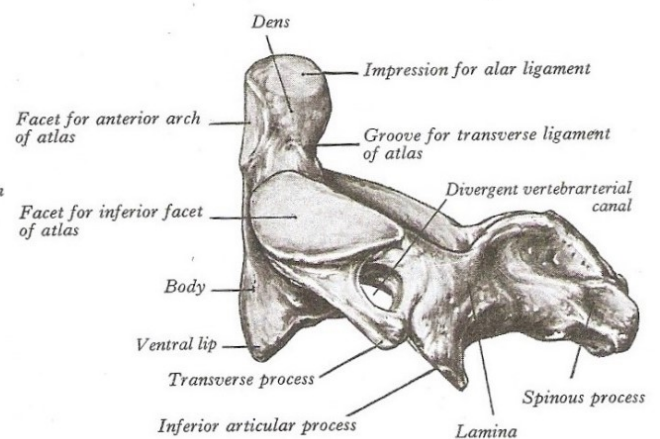
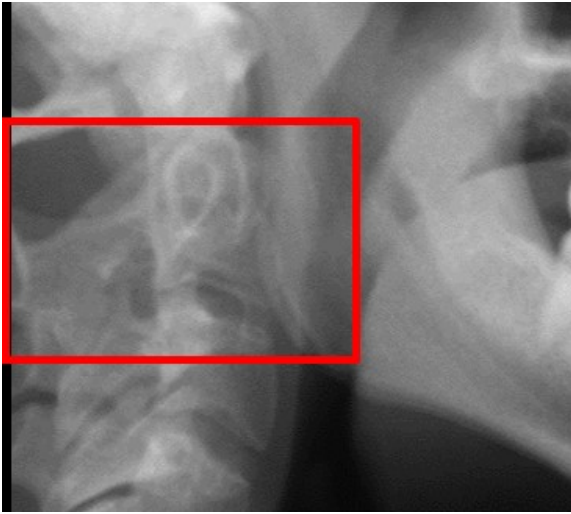


Abbildung 11: Zweiter Halswirbel oder Axis, Ansicht von links lateral (Williams, Warwick, Dyson, & Bannister, 1989, S. 318).

Der zweite Halswirbel ermöglicht durch den starken Dens die Rotation des Atlas.  
Der konische Zapfen ist in etwa 1,5 cm lang.



**Abbildung 12: Axis im Fernröntgen**

### **1.3 Zielsetzung**

Ziel der Arbeit war es, Normwerte im Pharynxbereich für eugnathe PatientInnen zu eruieren. Ebenso lag die Gegenüberstellung dieser Ergebnisse zu den bereits vorliegenden Daten bei Klasse II/1 PatientInnen (Prodinger, 2015) im Fokus.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 PatientInnengut

Das PatientInnengut entstammt aus der Datenbank der Abteilung für Orale Chirurgie und Kieferorthopädie der Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits Graz (ehemalige klinische Abteilung für Kieferorthopädie). Zum Zwecke der kephalometrischen Studie wurden rund 500 seitliche Fernröntgenbilder, die in einer digitalen Datenbank archiviert sind, gesichtet.

An der oben genannten Abteilung waren alle in der Studie verwendeten Bilder mittels des Röntgengeräts des Typs Orthophos der Firma Siemens unter Verwendung eines Cephalostaten angefertigt worden. Zu diesem Zeitpunkt lag kein standardisiertes Aufnahmeverfahren bezüglich der Natural Head Position vor.

Das Fernröntgen ist per definitionem eine streng seitliche Schädelaufnahme, die im 90-Grad-Winkel zur Sagittalen aufgenommen wird. Um einen annähernd parallelen Strahlengang vom rechten zum linken Foramen acusticum externum zu erhalten, beträgt der Abstand von der Anode zur Sagittalebene standardisiert 1,5 Meter. Dieser Abstand vergrößert das Röntgenbild um 8 Prozent im Vergleich zum Schädel in natura (Droschl, 1990).

Schlussendlich führten im Vorhinein bestimmte Kriterien zu einer Untersuchungsgruppe von insgesamt 43 lateralen Fernröntgenen von 26 weiblichen Probandinnen und 17 männlichen Probanden. Hierbei handelte es sich um ein eugnathes und weitgehend im Wachstum abgeschlossenes PatientInnengut. Aufgrund der körperlichen Reife wurden weibliche Patientinnen unter dem 15. Lebensjahr und männliche Patienten unter dem 17. Lebensjahr von der Untersuchung ausgeschlossen.

Eugnathie wird durch Erfüllung der folgenden Kriterien definiert:

- Die Kiefer zueinander und zur Schädelbasis sind normal positioniert.
- Gut ausgeformte Zahnbögen: Der Oberkiefer hat die Form einer halben Ellipse, der Unterkiefer die einer Parabel.

- Im Prämolaren- und Molarenbereich okkludieren gleichnamige Zähne im Unterkiefer mesial von denen im Oberkiefer.
- Klasse I-Verzahnung  
*nach Angle:* Der mesiobukkale Höcker des oberen 6-ers projiziert sich bukkal der Fossa zwischen dem mesiobukkalen und distobukkalen Höcker des unteren 6-ers (von bukkal betrachtet),  
*nach Andrews:* Der distale Abhang des distobukkalen Höckers des ersten oberen Molaren okkludiert mit dem mesialen Abhang des mesiobukkalen Höckers des zweiten unteren Molaren.
- Der Overbite beträgt 2 mm, der Overjet ebenfalls 2 mm.
- Es liegt eine leichte Spee'sche Kurve vor.
- Harmonisches Weichteilgleichgewicht (Droschl, 1990).

Die Auswahl der Röntgenbilder wurde durch gute Erkennbarkeit der zu zeichnenden Strukturen, vor allem der knorpeligen Epiglottis, bestimmt. Zum Ausschluss von Röntgenbildern führten vorangegangene wachstumsbeeinflussende kieferorthopädische Geräte, Operationen im Kopfbereich sowie Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.

## **2.2 Bearbeitung der Fernröntgenbilder**

Die Durchzeichnung und Analyse der Fernröntgenbilder erfolgte von zwei Untersuchern unabhängig voneinander. Die Röntgenbilder wurden einheitlich um den Faktor 1,13 vergrößert. Das heißt, reale 10 mm am Lineal entsprechen 11,3 mm am Ausdruck. Die zweifachen Ausdrücke der lateralen Fernröntgenbilder wurden jeweils mit matten Acetat-Tracing Folien beklebt. Mittels Minenbleistift und Geodreieck wurden die anatomisch relevanten Strukturen eingezeichnet. Gemeinsam wurden die Röntgenbilder mit Hilfe einer Schiebelehre (Zürcher Modell) vermessen.

Um Vergleiche ziehen zu können, sind die hierzu verwendeten Messpunkte an eine bereits an der oben genannten Abteilung für ein anderes Krankengut (Klasse II/1 PatientInnen) durchgeführten Studie angelehnt (Prodinger, 2015).

Laut Prodingen wird die anteriore und posteriore Pharynxwand am seitlichen Fernröntgenbild eingezeichnet. Der vermessene Bereich erstreckt sich von der Verlängerung der Palatinalene nach dorsal (Ph1-SpNP) bis zur Strecke, die durch den Oberrand der Epiglottis führt und parallel zur Palatinalene ist (Ph2-E). Dieser Abschnitt wird in Ein-Zentimeter-Intervalle, beginnend von der Strecke Ph2-E unterteilt, welche vermessen werden.

Die Pharynxkrümmung wird an der Stelle der Pharynxrückwand, die am weitesten von der Referenzlinie Ph1-Ph2 entfernt liegt, gemessen.

Die Vermessung der HWS-Krümmung erfolgt im Bereich vom ersten bis zum vierten Halswirbel an der am weitest entfernt liegenden Stelle der anterioren Kontur der Wirbelkörper von der Referenzstrecke C1a-C4a (Prodingen, 2015).

## 2.3 Messpunkte

### 2.3.1.1 Vermessung Pharynx

Messpunkt	Definition
SpNA	Spina nasalis anterior ist der ventralste Punkt der Prämaxilla und der anteriorste und caudalste Punkt der Apertura piriformis in der Mediansagittalen
SpNP	Spina nasalis posterior ist der dorsalste Punkt der Pars horizontalis ossis palatini. Er entspricht dem Kreuzungspunkt am Übergang des Palatum durum zum Palatum molle und der Fossa pterygopalatina und liegt in der Mediansagittalen
PE	Palatinalebene verbindet die Punkte SpNA und SpNP. Die Verlängerung dieser Referenzlinie nach dorsal ergibt die craniale Begrenzung der Messungen. Die übrigen sagittalen Linien, die zur Vermessung des Pharynx in eingezeichnet wurden, sind parallel zur Strecke SpNA-SpNP
Ph1	Pharynx 1 ist der Schnittpunkt der Verlängerung der Palatinalebene nach dorsal und der dorsalen Pharynxwand
E	Der cranialste Punkt der Epiglottis
Ph2	Schnittpunkt der dorsalen Pharynxbegrenzung parallel verschoben zu PE durch Punkt E
Ph2-E	Caudale Begrenzung der Messungen, Beginn der Einzeichnung der 1-Zentimeter-Intervalle nach cranial
Ph1-Ph2	Die Strecke Ph1-Ph2 verbindet die cranialste und caudalste Messlinie an der dorsalen Pharynxwand
a	Schnittpunkt der Geraden durch den Punkt b normal auf Ph1-Ph2
b	Dorsalster und der am weitest entfernte Punkt der Pharynxrückwand von der Strecke Ph1-Ph2
a-b	Strecke normal auf die Strecke Ph1-Ph2
Ph1-a	Entfernung Punkt a von Punkt Ph1

Tabelle 2: Definition der Messpunkte und –strecken des Pharynx

### Erläuterungen:

Je nach Krümmung der posterioren Pharynxwand nach ventral oder dorsal und somit der Lage des Punktes b zu Punkt a, wird das Vorzeichen der Messung angepasst. Kommt der Punkt b ventral des Punktes a zu liegen, so wird der gemessene Wert mit einem positiven Vorzeichen versehen. Liegt Punkt b jedoch dorsal von a, wird der Wert negativ gesetzt.

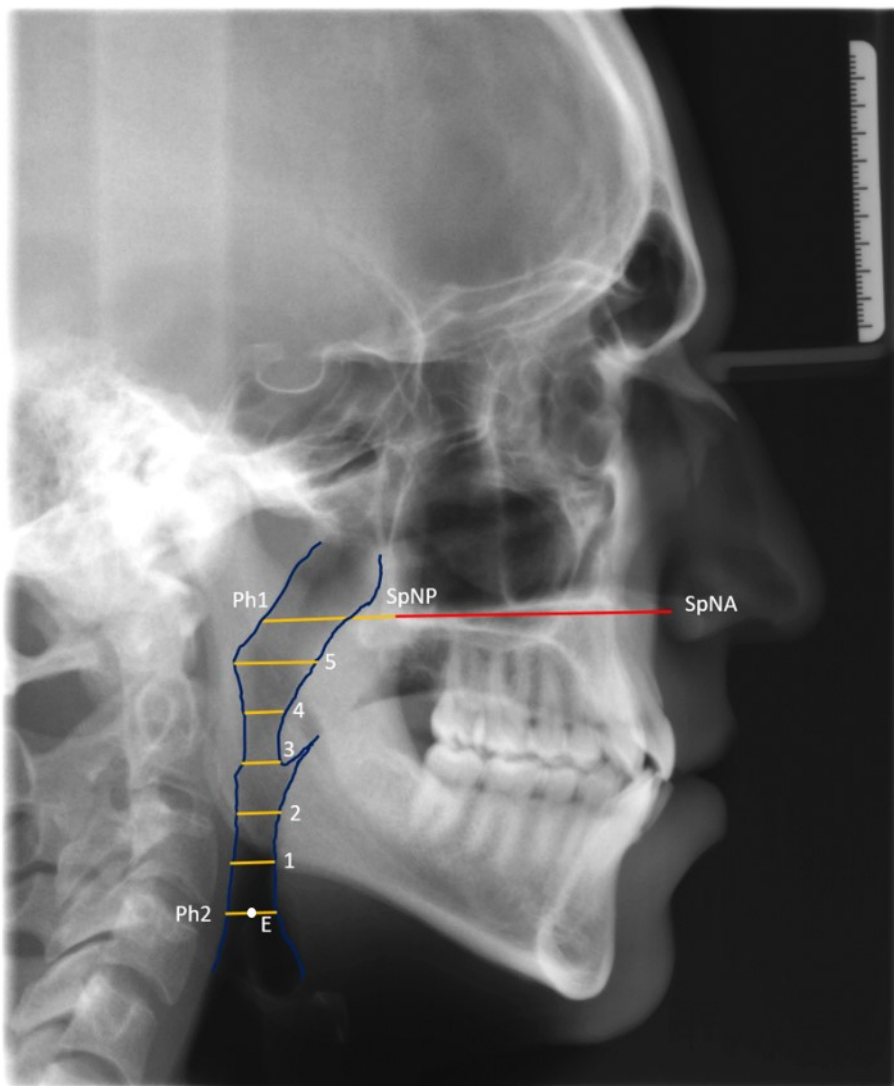


Abbildung 13: Vermessung der Pharynxtiefe

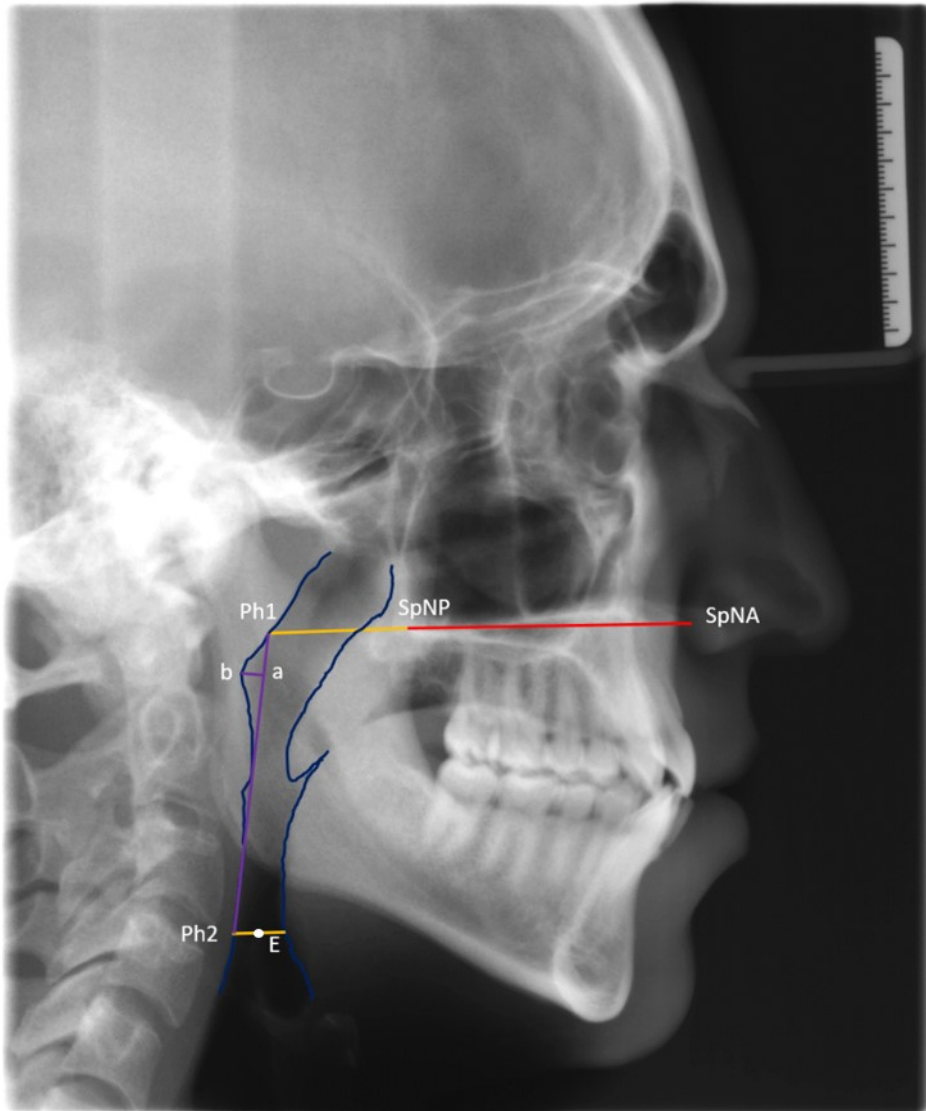


Abbildung 14: Vermessung der Pharynxrückwand

### 2.3.1.2 Vermessung Wirbelsäule

C1a	Ventralster Punkt des Atlas
C4a	Ventralster und caudalster Punkt des vierten Halswirbels
C1a-C4a	Die Strecke C1a-C4a verbindet den cranialsten und den caudalsten Messpunkt der Halswirbelsäule
x	Schnittpunkt der Geraden durch y normal auf C1a-C4a
y	Ventralster Punkt des am weitesten ventral liegenden Wirbelkörpers (Referenz C1a-C4a) und caudalste Stelle innerhalb der Strecke C1a-C4a
x-y	Strecke normal auf die Strecke C1a-C4a
C1a-x	Entfernung Punkt x von Punkt C1a

Tabelle 3: Messpunkte und -strecken der Wirbelsäule

#### Erläuterungen:

Nach dem Ausmaß der Lordose am Halswirbelbereich erfolgt die Vorzeichensetzung der Messungen wie folgt:

Liegt Punkt y anterior des Punktes x, erhält der Messwert ein positives Vorzeichen. Negativiert wird der Messwert, wenn sich der Punkt y posterior des Punktes x zeigt.

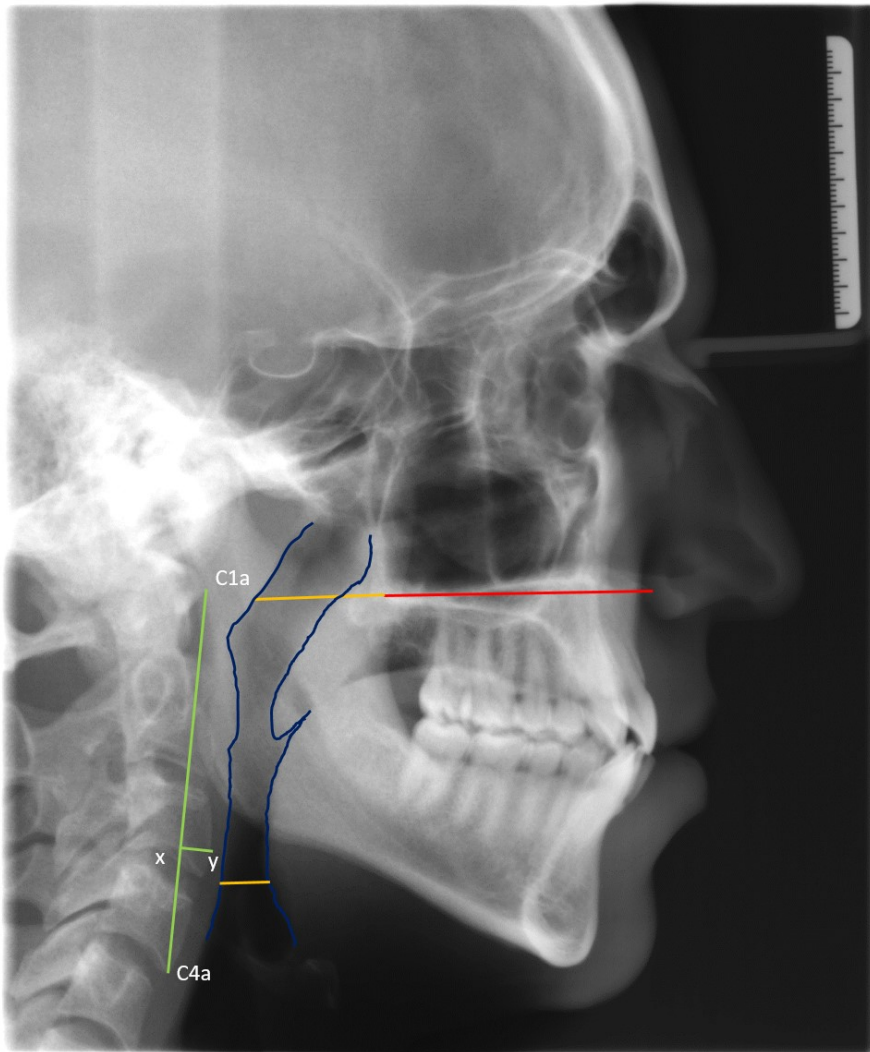


Abbildung 15: Vermessung der Wirbelsäule

### 3 Ergebnisse – Resultate

#### 3.1 Durchschnittliche sagittale Pharynxtiefe – horizontale Messungen

Die sagittale Pharynxtiefe der untersuchten weiblichen Probandinnen betrug im Durchschnitt 12,8 mm. Die untersuchten Männer wiesen mit durchschnittlich 13,4 mm im Vergleich zu den Frauen ein um 5% größeres Ausmaß der sagittalen Tiefe auf.

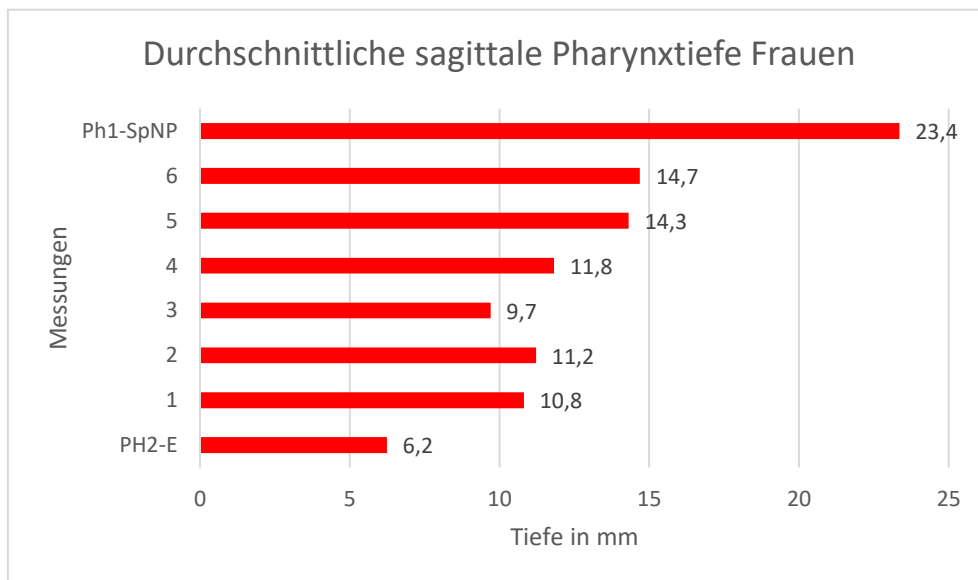


Abbildung 16: Durchschnittliche Pharynxtiefe der Frauen

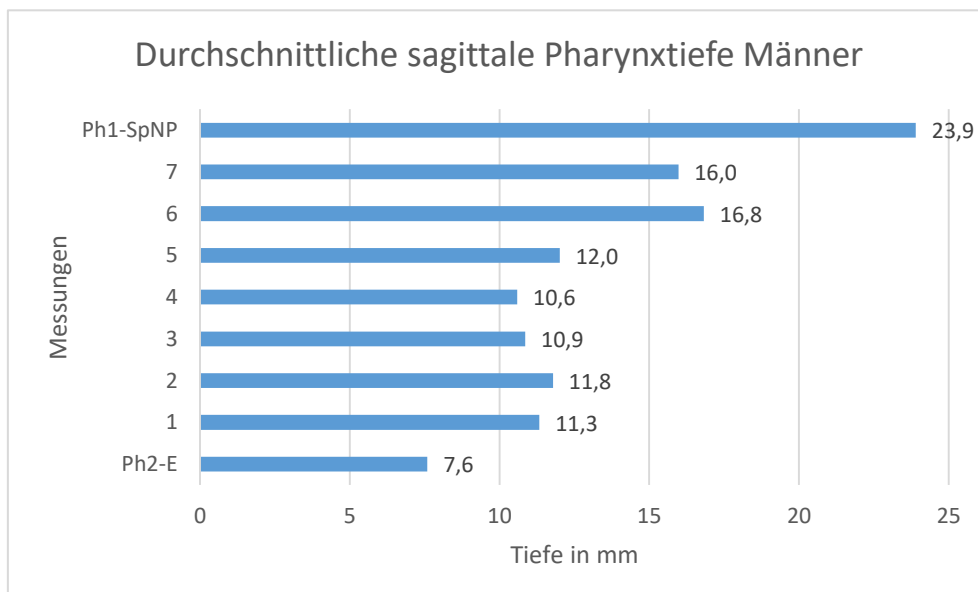


Abbildung 17: Durchschnittliche Pharynxtiefe der Männer

### 3.2 Pharynxlänge – vertikale Messung

Aus der vertikalen Messung resultierte für die männlichen Probanden mit einer durchschnittlichen Länge von 56,5 mm ein um 18% längerer Pharynx als bei den weiblichen Patientinnen, deren Pharynxlänge 47,8 mm betrug.

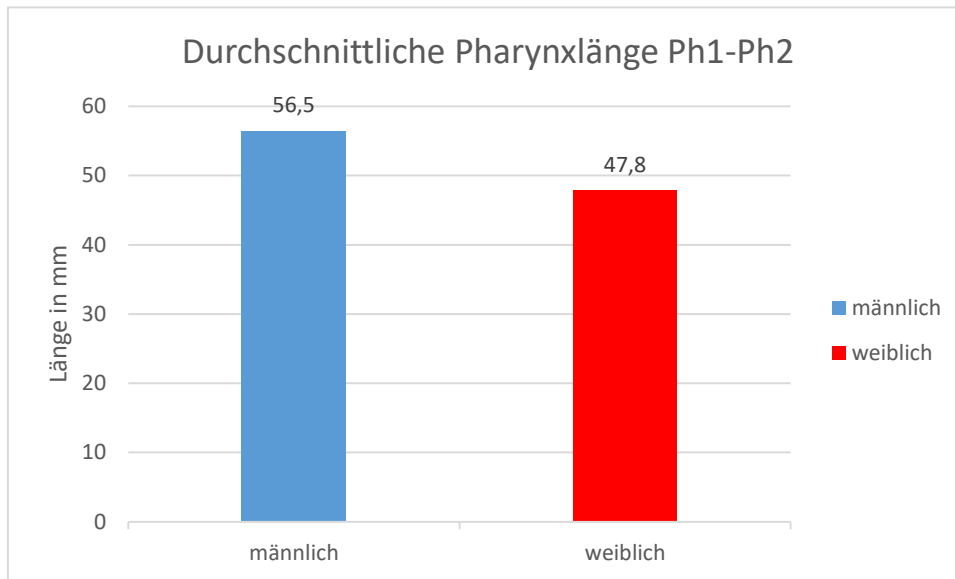


Abbildung 18: Pharynxlänge

### 3.3 Flächenberechnung

Die Größe des Pharynx wurde anhand seiner zweidimensionalen Darstellung am seitlichen Fernröntgenbild berechnet.

Die Fläche wurde von Ph2-E bis Ph1-SpNP bestimmt. Dabei wurden die Teilstücke in Rechtecke und Dreiecke geteilt, die einzelnen Flächen berechnet und anschließend addiert. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel. Die roten Linien Ph1-SpNP und E-Ph2 begrenzen die Fläche cranial und caudal. Die hellblaue Linie markiert das letzte der Ein-Zentimeter-Messintervalle. Die in der Ordinate angegebenen Zahlen ergeben sich aus dem Umrechnungsfaktor 1,13.

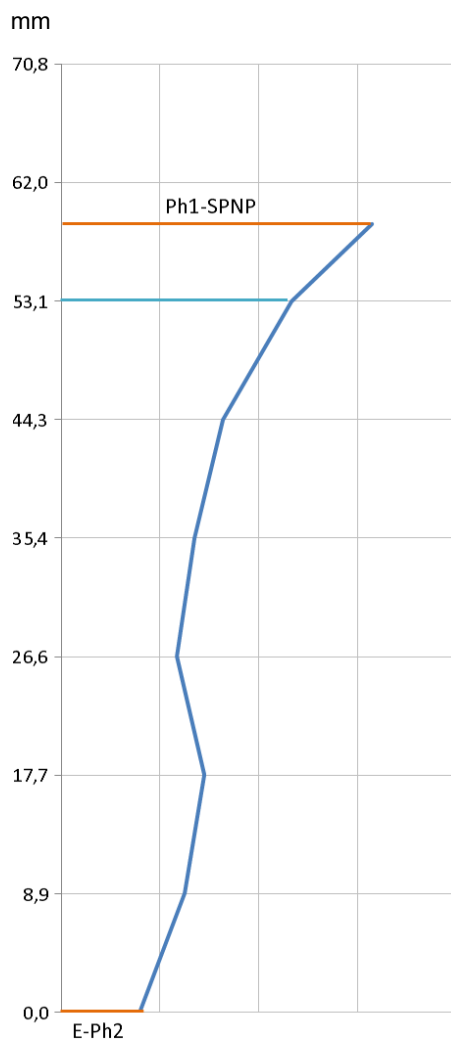


Abbildung 19: Flächenberechnung

Min	Max	Mittelwert	SD
311,5	941,7	604,3	134,2

**Tabelle 4: Flächenberechnung in mm<sup>2</sup>**

Der flächenmäßig kleinste Pharynx wies eine Fläche von 311,5 mm<sup>2</sup> auf. Der Maximalwert der Flächenberechnungen belief sich auf 941,7 mm<sup>2</sup>. Im Durchschnitt betrug die Fläche des Pharynx 604,3 mm<sup>2</sup> bei einer Standardabweichung von 134,2 mm<sup>2</sup>.

### 3.3.1 Geschlechterunterschied in der Fläche

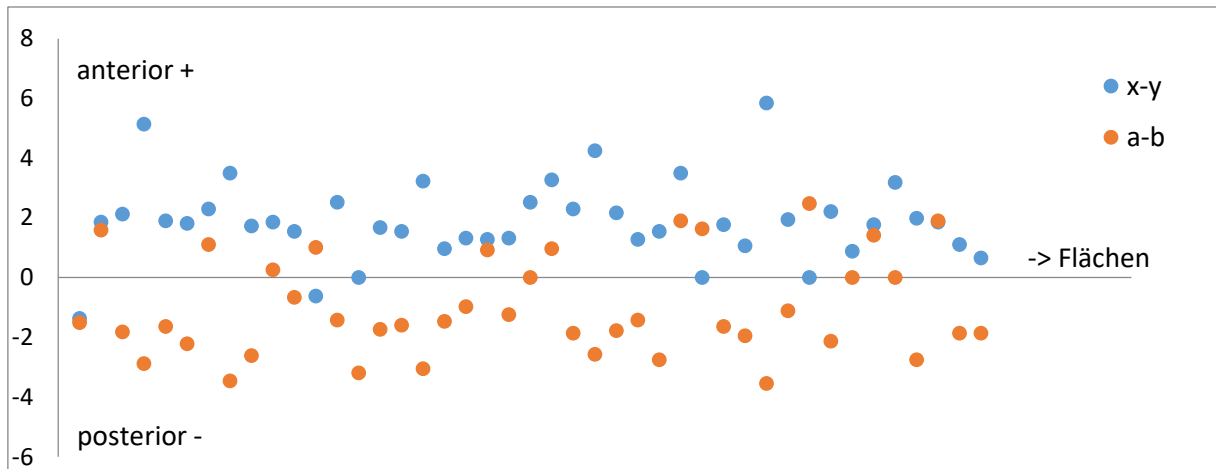
	Mittelwert	SD
Frauen (n=26)	548,1	116
Männer (n=17)	690,3	113

**Tabelle 5: Geschlechterunterschied Flächenausmaß in mm<sup>2</sup>**

Für die weiblichen Probandinnen (n=26) wurde im Mittel eine Fläche von 548,1 mm<sup>2</sup> mit einer Standardabweichung von 116 mm<sup>2</sup> errechnet. Der Mittelwert der Männer (n=17) betrug 690,3 mm<sup>2</sup> (SD 13 mm<sup>2</sup>).

Es konnte ein Geschlechterunterschied im Ausmaß der Fläche eruiert werden. Bei Männern konnte eine signifikant größere Fläche festgestellt werden (+25,9%) (p<0,001, T-Test für unabhängige Stichproben).

### 3.3.2 Vermessung der Krümmung der Pharynxrückwand und der Halswirbelsäule – Korrelationen



**Abbildung 20:** Lage der Punkte y (HWS) und b (Pharynx) anterior bzw. posterior ihrer Referenzlinien sowie ihr Bezug zur Fläche

In diesem Diagramm wird ersichtlich, dass die Wirbelkörperkrümmung (x-y) der ProbandInnen entsprechend der physiologischen cervicalen Lordose nach rechts geneigt war. Der Punkt y (blau) lag im Vergleich zu seiner Referenzstrecke C1a-C4a nahezu bei sämtlichen Messungen (88%) anterior. Bei drei Messungen konnte keine Krümmung der Wirbelkörper im Bereich der Referenzstrecke festgestellt werden ( $x-y=0$ ). Lediglich bei fünf Prozent der PatientInnen neigte sich die Krümmung nach posterior (Strecke x-y negativ).

In Referenz zur Strecke Ph1-Ph2 lag der Punkt b (rot) meist posterior dieser. Bei 11 ProbandInnen (26%) neigte sich die Pharynxrückwand nach anterior. Drei Messwerte lagen auf der Referenzlinie ( $a-b=0$ ).

Krümmung der HWS

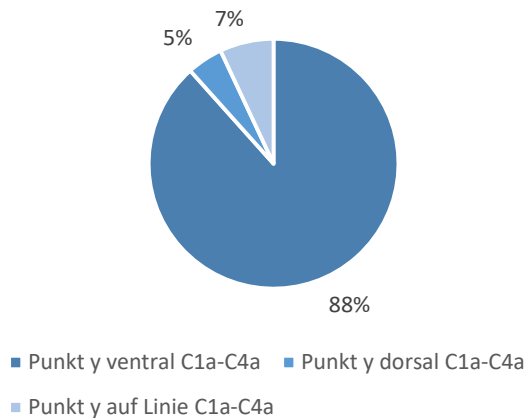


Abbildung 21: Vermessung der HWS

Krümmung der Pharynxrückwand

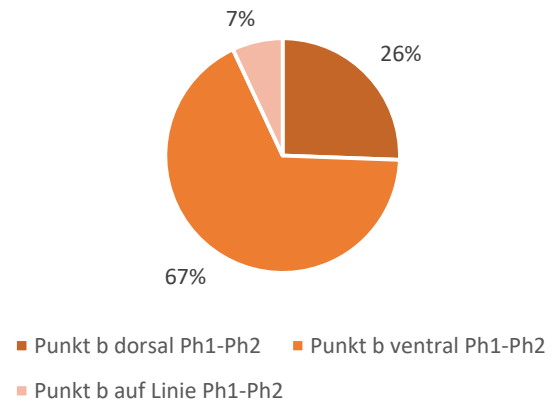


Abbildung 22: Vermessung der Pharynxrückwand

Statistisch konnte keine signifikante Korrelation zwischen der Fläche des Pharynx und dem Ausmaß der Lordose ausgemacht werden (Pearson Korrelationskoeffizient:  $r=-0,282$ ).

Aus den Ergebnissen ist kein Zusammenhang zwischen der Lage des Punktes b und dem Ausmaß der Fläche zu erkennen. Statistisch ergab sich ein Pearson Korrelationskoeffizient von  $-0,028$ .

Ebenso ergab sich des Weiteren kein Zusammenhang zwischen den Strecken a-b und x-y und somit der Krümmung des Pharynx und dem Ausmaß der Lordose im cervicalen Bereich (Pearson Korrelationskoeffizient  $r=-0,284$ ).

Die Länge der gemessenen Strecke C1a-C4a korreliert nicht mit der Strecke x-y ( $r=0,235$ ), wie auch die Strecke Ph1-Ph2 keinen Zusammenhang mit der Strecke a-b erkennen lässt ( $r=0,175$ ).

Mit einem Pearson Korrelationskoeffizient von  $r=0,027$  konnte die Strecke x-y in keinen Zusammenhang mit dem SNB-Winkel gebracht werden.

### 3.4 Flächenunterschied zu Klasse II/1 (Prodinger, 2015)

	Min	Max	Mittelwert	SD
Klasse I	311,5	941,7	604,3	133,6
Klasse II/1	310,2	969,7	606,9	150,8

Tabelle 6: Flächenvergleich in mm<sup>2</sup> Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen

Die Ergebnisse der Berechnung der Fläche des Pharynx von Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen ähneln sich. Das Ausmaß der Fläche des Pharynx des Klasse II/1 Krankengutes erstreckte sich von mindestens 310,2 mm<sup>2</sup> bis maximal 969,7 mm<sup>2</sup>. Im Vergleich dazu wurden bei den Klasse I PatientInnen Flächen von 311,5 mm<sup>2</sup> bis 941,7 mm<sup>2</sup> gemessen. Der Mittelwert der Flächenberechnung der Klasse II/1 PatientInnen betrug 606,9 mm<sup>2</sup> bei einer Standardabweichung von 150,8 mm<sup>2</sup>.

Der T-Test für unabhängige Stichproben zeigt mit einem  $p = 0,938$  keinen signifikanten Unterschied.

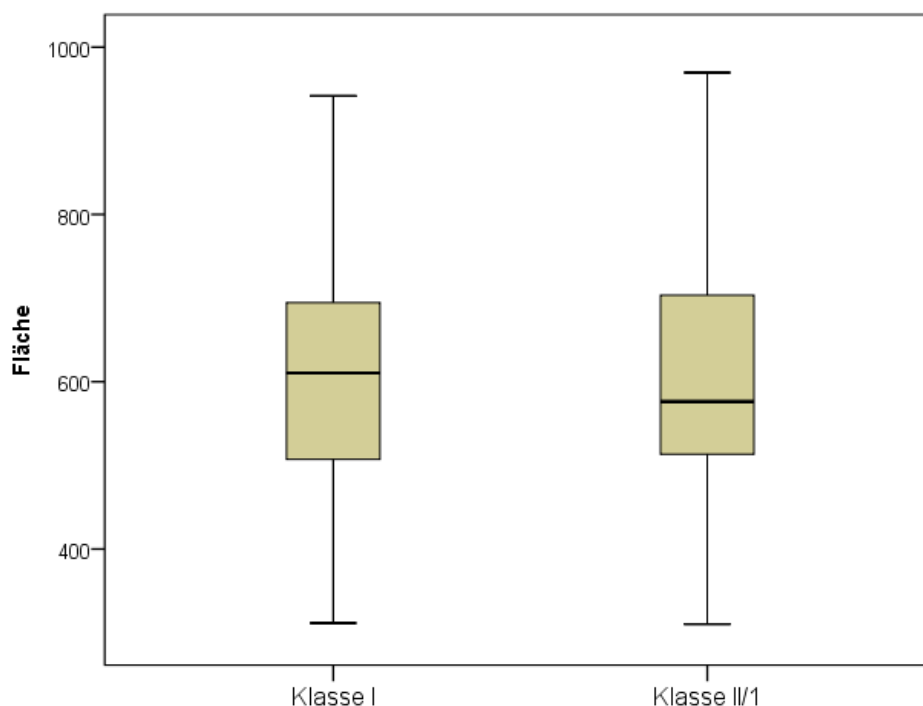


Abbildung 23: Vergleich der Flächen des Pharynx Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen

### 3.5 Unterschied in der cervicalen Lordose (x-y) zu Klasse II/1 (Prodinger, 2015)

	Min	Max	Mittelwert	SD
Klasse I	-1,37	5,84	1,88	1,36
Klasse II/1	-3,07	4,72	1,48	1,87

Tabelle 7: Vergleich der Wirbelsäulenkrümmung von Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen, in mm

Die Messwerte x-y erstreckten sich von -1,37 mm bis zu einem maximalen Wert von 5,84 mm. Im Durchschnitt betrug die Strecke 1,88 mm bei einer Standardabweichung von 1,36 mm.

Beim Klasse II/1 Patientengut blieben die Ergebnisse im Spektrum von mindestens -3,07 mm bis maximal 4,72 mm.

Die Lordose ist bei Klasse I etwas ausgeprägter, jedoch zeigt der T-Test für unabhängige Stichproben mit  $p = 0,278$  keinen bedeutenden Unterschied.

Die cervicale Wirbelsäule ist bei der Klasse I etwas stärker als bei Klasse II/1 PatientInnen entsprechend der Halslordose gekrümmt.

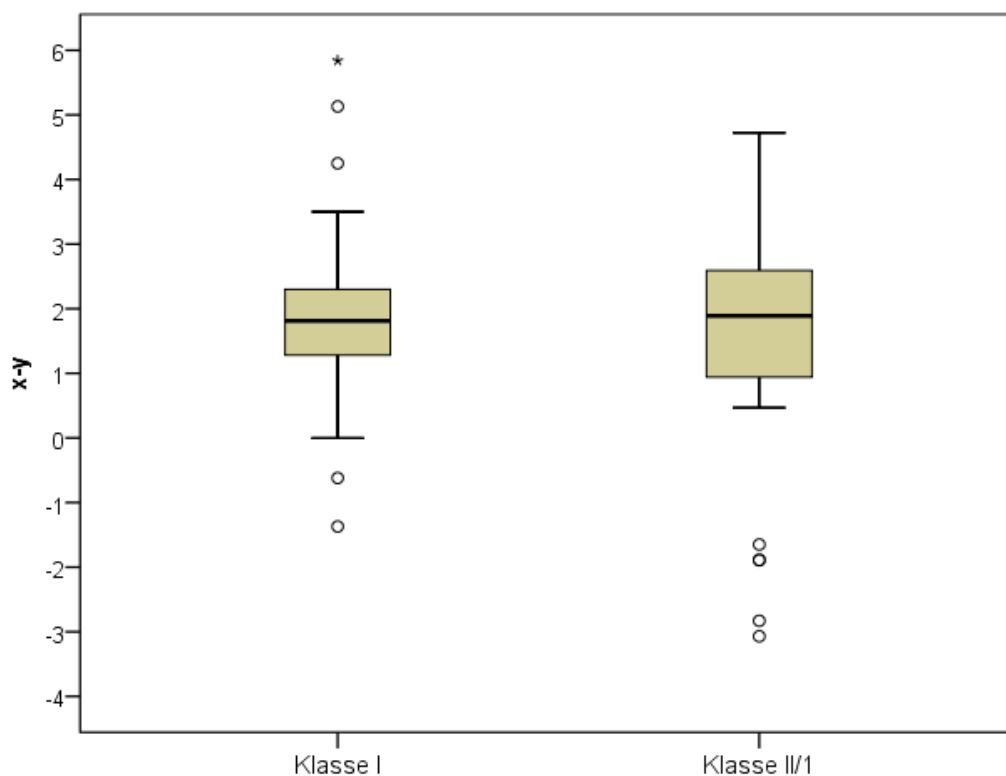


Abbildung 24: Krümmung der Wirbelsäule bei Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen

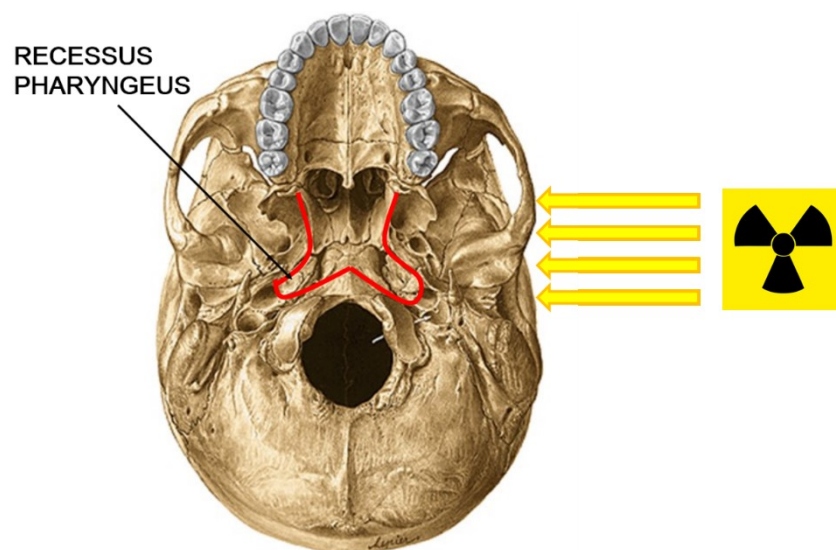
## 4 Diskussion

### 4.1 Methode der Arbeit

Das laterale Fernröntgenbild dient vorrangig der Kieferorthopädie zur dentalen und skelettalen Diagnostik, Abschätzung der Wachstumstendenz, dem Rückschluss auf Weichteile, nicht jedoch zur Beurteilung oropharyngealer Strukturen oder der Wirbelsäule (Droschl, 1990). Die Schwierigkeit bei dieser Fernröntgenanalyse besteht darin, dass der Pharynx als 3-dimensionaler Raum nur in 2 Dimensionen untersucht wird. Folglich sind ausschließlich sagittale und vertikale Informationen vorhanden, die transversale Dimension geht verloren.

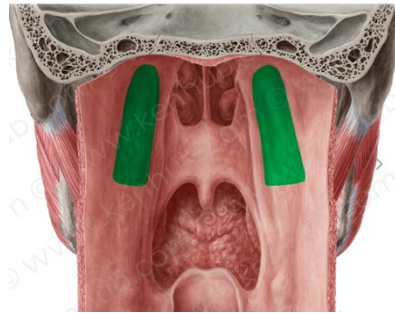
Bei der Übertragung eines dreidimensionalen Körpers auf zweidimensionale Informationen kommt es zu Verzerrungen und Überlagerungen, die das Messergebnis verfälschen können (Jung, 1965).

Durch die Form der Anhaftung des Pharynx an der Schädelbasis ergeben sich in den verschiedenen Sagittalschnitten unterschiedliche Tiefen. Je nachdem, wo die Röntgenstrahlung nun auf die Pharynxrückwand auftrifft, kann der Rachenraum größer oder kleiner als in der Realität dargestellt sein.



**Abbildung 25:** rote Linie = Anhaftung des Pharynx am Schädel, vgl. <http://slideplayer.org/slide/7923717/> am 26.7.2016.

Als Recessus pharyngeus (Rosenmüller) wird die Nische des Rachenraums seitlich, hinter der Tuba auditiva bezeichnet.



**Abbildung 26: Recessus pharyngeus (Rosenmüller)**

<https://www.kenhub.com/de/atlas/recessus-pharyngeus> am 3.9.2016.

Neben dieser geometrischen Überlagerung gibt es natürlich noch weitere Faktoren, die bezüglich der Diagnose und Indikation diskutierbar sind. Der Vorteil der Durchzeichnung des Pharynx mit Hilfe eines lateralen Fernröntgens ist der Preis – dreidimensionale Aufnahmen sind auch heute noch teuer. Hingegen wird das Fernröntgen routinemäßig bei der kieferorthopädischen Planung aufgenommen, wodurch keine Mehrkosten entstehen.

Yu et al verglichen die oberen Atemwege von Patienten mit normaler Okklusion mittels MRI und Fernröntgen. Deren Ziel war es, eine praktische und günstige Möglichkeit der Diagnose der OSA (obstruktive Schlafapnoe) herauszufiltern. Die Untersuchung ergab, dass sich das Fernröntgen nicht als Ersatz des MRI dienen kann, sich jedoch zur Diagnostik von Zunge, weichem Gaumen und Oropharynx eignet. Das Fernröntgen erwies sich als wertvoll für die Aussagen der oberen Atemwege und kann bei Diagnose und Behandlung von OSA-Patienten eine Rolle spielen (Yu, Dong, & Liu, 2007).

Nach Rose hingegen eignet sich die zweidimensionale Kephalemetrie nur bedingt zur realistischen Beurteilung des vor allem muskulären und dadurch der Verformung unterliegenden Pharynx (Rose, Lehner, Staats, & Jonas, 2002).

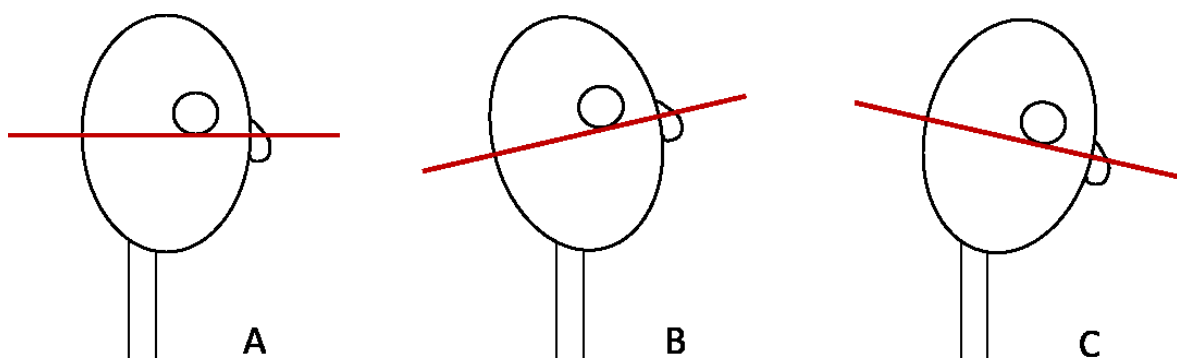
Auch der Kopfhaltung sollte bei der Vermessung des pharyngealen Luftraumes Beachtung geschenkt werden. Helsing studierte anhand von seitlichen Fernröntgen diese Veränderungen im pharyngealen Luftraum bei Extension des Kopfes. Sie fand heraus, dass sich durch Extension des Kopfes von 20 Grad der Rachenraum auf Höhe des zweiten und vierten cervicalen Wirbels vergrößert. Auch vergrößerte sich die sagittale Tiefe, gemessen von der dorsalen Zungenoberfläche bis zur

posterioren Pharynxwand, leicht (Hellsing, 1989). Dies steht im Gegensatz zu den Resultaten der vorliegenden Studie, die keinen Zusammenhang zwischen der Wirbelsäulenkrümmung und dem Ausmaß der Fläche des Pharynx lieferte.

Trotz dieser widersprüchlichen Aussagen erscheint es sinnvoll eine normierte Kopfhaltung während der Aufnahme des Röntgens zu fordern. Dies würde den oben genannten Einfluss zumindest für den Vergleich einzelner Bilder eliminieren. Bezüglich der Kopfhaltung bietet sich die von Moorrees und Kean beschriebene Natural Head Position (NHP) an. Bei der Einnahme dieser Position steht oder sitzt der Patient aufrecht mit dem in die Ferne, auf den Horizont, gerichteten Fokus (Moorrees & Kean, 1958). Cook und Wei studierten die Reproduzierbarkeit der NHP und fanden eine Abweichung von nur zwei Grad (Cooke & Wei, 1988).

Laut einer Studie von Hirschfelder, die kephalometrische Aufnahmen in standardisierter Aufnahmetechnik und in NHP vergleicht, weisen Patienten in NHP eine stärker proklinierte Kopfhaltung auf. Bei PatientInnen mit Klasse III Malokklusion konnte im Gegensatz zu Klasse I und II ProbandInnen eine Tendenz zur extendierten Kopfhaltung festgestellt werden (Hirschfelder, 1991).

Die Anweisung an die PatientInnen den Blick in der Röntgenkabine Richtung Horizont zu richten, muss durch Alternativen ersetzt werden. Am praktikabelsten erwies sich die Frankfurter Horizontale, welche durch den cranialsten Punkt des rechten und linken Porion und dem linken Unterrand des Orbitale führt. Sie dient insofern als Referenzlinie bei der Röntgenaufnahme als die Laserlinie der Aufnahmegerate auf die FH ausgerichtet wird. Diese Ebene sollte annähernd einer gedachten Horizontalen entsprechen.



**Abbildung 27: Frankfurter Horizontale in Abhängigkeit der Kopfpositionierung bei Röntgenaufnahme, A: regelrechte Positionierung, B: Extension, C: Flexion**

Für die Beurteilung bei OSA-PatientInnen spiegelt die am Fernröntgen dargestellte Haltung (NHP) jedoch keineswegs die im Schlaf eingenommene Position wieder. Diese verändert sich im Schlaf gemeinsam mit dem den Pharynx stabilisierenden Muskeltonus und führt zu Veränderungen des PAS (Rose, Staats, Lehner, & Jonas, 2002). Die liegende Position führt auch zu einer Lageveränderung von Uvula und Zunge und übt somit Einfluss auf den pharyngealen airway space aus (Pae, et al., 1994).

Somit stellt sich die Frage, ob eine Fernröntgenaufnahme im Liegen sinnvoll wäre, um eine Aussage über den oropharyngealen Luftraum bei OSA-Patienten treffen zu können.

Knorpelige Strukturen, wie die Epiglottis, sind im digitalen Fernröntgenseitenbild meist erst nach entsprechender Bildbearbeitung, wie Veränderung von Helligkeit und Kontrast, erkennbar. Da nur Bilder in die Studie einbezogen wurden, die den bereits oben erwähnten Kriterien entsprachen und an denen eine eindeutige Lokalisierung der Epiglottis möglich war, umfasste die Untersuchungsgruppe schlussendlich lediglich 43 ProbandInnen von anfangs insgesamt 500 gesichteten Röntgenbildern. Die Röntgeneinstellung sollte speziell für die Indikation Pharynxuntersuchung geändert werden, um die Abbildung der knorpeligen Epiglottis zu ermöglichen.

Weiters wurde eine hohe Variabilität in der Position des Kehldeckels in den einzelnen Röntgenbildern festgestellt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich die PatientInnen zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme in unterschiedlichen Phasen des Schluckaktes befinden können, da keine Anweisungen zum Schlucken bei der Aufnahme durch die RöntgenassistentInnen erfolgten. Um die Durchzeichenmethode anwenden zu können, müsste es, bezüglich des Schluckens, einheitliche Anweisungen vom Röntgenpersonal an die PatientInnen geben.

Die erschwerte Lokalisierung des E-Punktes im Röntgen fordert zu einer Suche nach alternativen Punkten auf. Anstatt des Punktes E könnte etwa das Hyoid aufgrund der besseren Erkennbarkeit durch größere Röntgendichte, als Messpunkt herangezogen werden. Da jedoch auch die Zungenbeinposition von der

Deglutination abhängt, müssen in jedem Fall die erwähnten Anweisungen bezüglich des Schluckaktes während der Aufnahme des Röntgens erfolgen.

#### **4.1.1 Durchzeichnung**

Bei der Anwendung der Durchzeichnungsmethode traten folgenden Schwierigkeiten auf:

Je flacher die anteriore Krümmung des Atlas, desto mehr Möglichkeiten der Messung der Strecke C1a-C4a ergaben sich. Der Grund dafür war die an mehreren Stellen anliegende Tangente.

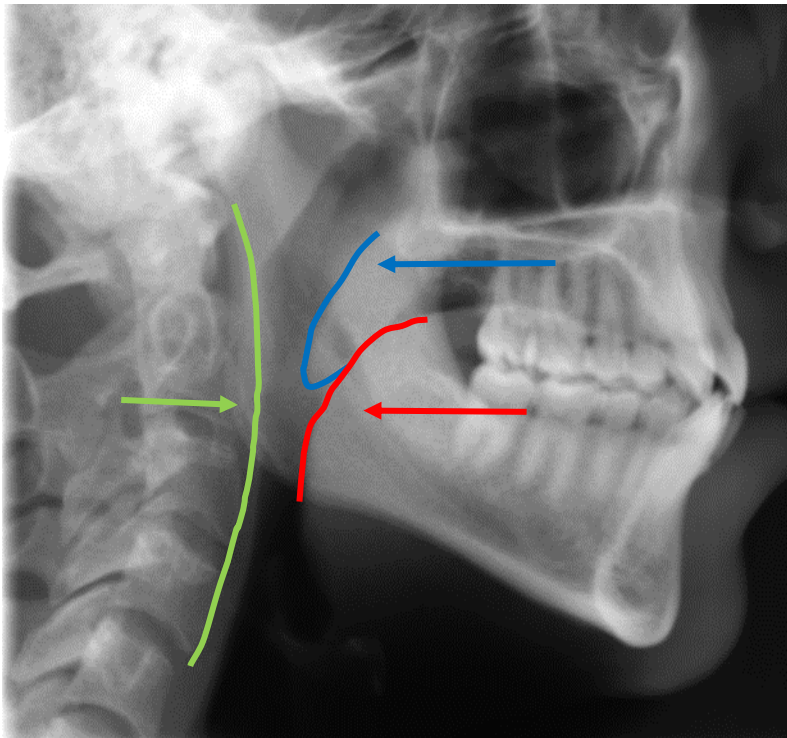
Im oberen Bereich des Nasopharynx ist die exakte Einzeichnung durch die starke Krümmung des Velum palatinum erschwert. In diesem Bereich kam es zwischen den Durchzeichnungen der zwei Untersucher zu Abweichungen.

#### **4.2 Interpretation der Resultate**

Ob die schwächer ausgebildeten Lordose bei dem PatientInnen der Klasse II/1 im Vergleich zu den Klasse I PatientInnen einen entscheidenden Faktor auf etwaige Anpassungsvorgänge an den Weichteilen hat, ist nicht sicher.

Laut den Ergebnissen der Studie könnte die stärker ausgebildete cervicale Lordose bei Klasse I PatientInnen von dorsal zu Einschränkungen des PAS führen (siehe Abbildung 28 grüne Linie).

Ebenso könnte der extrathorakale Luftraum bei der Klasse II/1 Gruppe von ventral eingeschränkt werden (siehe Abbildung 28 rote Linie). In der Studie zeigte sich jedoch keine Korrelation im Ausmaß der cervicalen Lordose (x-y) und dem SNB. Natürlich beeinflussen auch viele weitere Faktoren die Morphologie.



**Abbildung 28: Möglicher Einfluss der Wirbelsäulenkrümmung und der Lage der Kiefer auf den PAS, grün: HWS-Krümmung, rot: Zungenrücken, blau: Velum palatinum**

Ceylan ermittelte über das laterale Fernröntgen den Zusammenhang zwischen dem ANB-Winkel und der Pharynxgröße bei einer Untersuchungsgruppe von 13 bis 15 Jahren und fand heraus, dass sich der Oropharynx mit Zunahme des ANB-Winkels verkleinert (Ceylan, 1995).

In der Studie von Chauhan wurden Klasse I und Klasse II/1 PatientInnen mit Hilfe des ANB-Winkels untersucht. Es konnte kein signifikanter Unterschied in der anteroposterioren Dimension zwischen den beiden Klassen herausgefiltert werden (Chauhan, 2015).

Normodivergente und hypodivergente Gesichtsmuster wurden von Joseph analysiert. Die Untersuchung ergab bei hyperdivergenten Probanden engere Verhältnisse der Nasen- und Rachenräume in der Sagittalen, welche womöglich aufgrund der Retrusion der Maxilla und der Mandibula und des vertikalen Exzesses entstanden sind (Joseph, 1998).

Sandhu untersuchte ebenso in einem ähnlichen Verfahren den Unterschied im pharyngealen Luftraum in Klasse I und Klasse II Malokklusionen und fand heraus, dass der nasopharyngeale Luftraum bei Klasse II PatientInnen geringer als bei

Klasse I PatientInnen war. Laut dieser Studie beeinflusst die Position der Mandibula sehr wohl den Rachenraum (Sandhu & Sandhu, 2013).

In der Studie von Fischer und Miethke wurde der Naso- und Oropharynx zweidimensional an lateralen Fernröntgenen von Klasse II/1, II/2 und III ProbandInnen nach der von McNamara entwickelten Analyse durchgezeichnet. In dieser Studie konnte, wie auch in der vorliegenden Untersuchung, kein Zusammenhang zwischen den Malokklusionen (nach Angle) und dem Ausmaß des Nasen-Rachen-Raums nachgewiesen werden (Fischer & Miethke, 1988).

Eine Studie, von Lee und Kim anhand von lateralen Fernröntgenen durchgeführt, ergab eine posteriorere Position des Hyoid in Klasse II verglichen zu Klasse I und III Malokklusionen. Weiters wurde ein kleinerer Nasopharynx bei PatientInnen mit Klasse II und III Malokklusionen als bei Klasse I ProbandInnen gefunden.

Der pharyngeale Rachenraum des Klasse II Krankengutes erwies sich als kleiner als der der Klasse I und III Vergleichsgruppe. Jedoch konnte kein Unterschied im Gebiet von weichem Gaumen, Zunge, Oropharynx und Hypopharynx bezüglich der einzelnen Formen der Malokklusionen in Verbindung gebracht werden (Lee & Kim). Mittels CT wurde das Verhältnis zwischen verschiedenen skelettalen Lagen der Mandibula, des oropharyngealen airway space und der dentocraniofacialen Morphologie von Abdelkarim untersucht. Diese Forschung ergab, dass das Ausmaß des Rachenraum bei der prognathen Untersuchungsgruppe am größten war, gefolgt von PatientInnen mit normaler Unterkieferlage und anschließend ProbandInnen mit rethrognather Mandibula (Abdelkarim, 2012).

Martin untersuchte in seiner Studie den Sexualdimorphismus des oberen Luftraumes bei PatientInnen mit idealer Okklusion. Nasenhöhle, Schädelbasis und adenoides Gewebe waren bei Männern größer ausgebildet, was mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie übereinstimmt. Die Länge der Nasenhöhle korrelierte mit der Breite des oberen Luftraumes (Martin, Muelas, & Vinas, 2006).

Kumar untersuchte an einer indischen Population anhand von seitlichen Fernröntgenen die pharyngealen Dimensionen. Die Tiefe des Nasopharynx wurde auf Höhe des harten Gaumens, die Tiefe des Oropharynx auf Höhe des weichen Gaumens, das PAS Minimum an der Zungenwurzel und der Hypopharynx auf Höhe der Vallecula vermessen. Bei den männlichen Probanden konnten größere Tiefen

im Bereich von Zungenbasis und Vallecula ermittelt werden (Kumar, Chhabra, & Kakkar, 2012).

### **4.3 Konklusion**

Die streng limitierte Auswahl der ProbandInnen führte zu einer kleinen Untersuchungsgruppe. Für eine ausreichende Anzahl an aussagekräftigen Röntgenbildern müsste eine sogenannte Multicenter-Studie durchgeführt werden. Ebenso sollte zur Vervollständigung ein Vergleich mit Angle Klasse III Patienten und Patientinnen erfolgen.

Hierbei sollte mittels spezieller Aufnahmetechnik bezüglich der Kopfhaltung und des Schluckens eine Normierung stattfinden. Die Schulung des Röntgenpersonals diesbezüglich ist unerlässlich.

Bei der Durchzeichnung sollte nach Alternativen zu Punkt E geforscht werden, um alle erforderlichen Messpunkte eindeutig lokalisieren zu können.

Die Methode der Analyse des Oropharynx ermöglicht einen ersten Überblick und kann Tendenzen für OSA-PatientInnen zeigen.

## 5 Literaturverzeichnis

Abdelkarim, A. "A cone beam CT evaluation of oropharyngeal airway space and its relationship to mandibular position and dentocraniofacial morphology." *Journal of the World Federation of Orthodontists* 1.2 (2012): e55-e59.

Ceylan, İ., Oktay, H. "A study on the pharyngeal size in different skeletal patterns." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 108.1 (1995): 69-75.

Chauhan, A., et al. "Comparison of pharyngeal airway dimension, tongue and hyoid bone position based on ANB angle." *National journal of maxillofacial surgery* 6.1 (2015): 42.

Cooke, M. S., Wei, H.Y.S. "The reproducibility of natural head posture: a methodological study." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 93.4 (1988): 280-288.

Droschl, H. In *Skriptum Kieferorthopädie*. Klinische Abteilung für Kieferorthopädie der Univ.Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz (1990).

El, H., Palomo, J.M. "An airway study of different maxillary and mandibular sagittal positions." *The European Journal of Orthodontics* 35.2 (2013): 262-270.

Fischer, B., Miethke, R.R. "Zusammenhänge zwischen Dysgnathien, nasopharyngealen Größenverhältnissen und Zungenposition im Fernröntgenseitenbild." *Praktische Kieferorthopädie* 2 (1988): 167-176.

Hellsing, E. "Changes in the pharyngeal airway in relation to extension of the head." *The European Journal of Orthodontics* 11.4 (1989): 359-365.

Hirschfelder, U., Hirschfelder, H. "Untersuchung zur Kopfhaltung im Fernröntgenseitenbild." *Fortschritte der Kieferorthopädie* 52.5 (1991): 302-309.

Joseph, A.A., et al. "A cephalometric comparative study of the soft tissue airway dimensions in persons with hyperdivergent and normodivergent facial patterns." *Journal of oral and maxillofacial surgery* 56.2 (1998): 135-139.

Jung, T. "Was leistet das Fernröntgenseitenbild für die Cephalometrie?" *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 20 (1965): 49-56.

Kumar, V. et al. "Establishment of Pharyngeal Dimensions in Population of Haryana Using Cephalometric Radiographs." *Journal of Anatomical Society of India* 61.2 (2012): 177-182.

Lee, Y.S., Kim, J.C. "A cephalometric study on the airway size according to the types of the malocclusion." *Korean Journal of Orthodontics* 25.1 (1995): 19-29.

Lenarz, T., Boenninghaus, H.G. *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. Springer-Verlag, 2012.

Martin, O., Muelas, L., Viñas, M.J. "Nasopharyngeal cephalometric study of ideal occlusions." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 130.4 (2006): 436-e1.

Moore, K.L., Persaud, T.V.N., Lütjen-Drecoll, E. *Embryologie: Lehrbuch und Atlas der Entwicklungsgeschichte des Menschen; mit 13 Tabellen*. Schattauer, 1996.

Moorrees, C.F.A., Kean, M.R. "Natural head position, a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs." *American Journal of Physical Anthropology* 16.2 (1958): 213-234.

Pae, E., et al. "A cephalometric and electromyographic study of upper airway structures in the upright and supine positions." *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 106.1 (1994): 52-59.

Prodinger, V. "Einfluss der mandibulären Retrognathie auf den ‚posterior airway space‘ von Klasse II/1 Patienten." Klinische Abteilung für Kieferorthopädie der Univ.Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Graz. (2015).

Rose, E.C., et al. "Cephalometric Analysis in Patients with Obstructive Sleep Apnea¶ Part I: Diagnostic Value." *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 63.2 (2002): 143-153.

Rose, E., et al. "Cephalometric Analysis in Patients with Obstructive Sleep Apnea Part II: Prognostic Value in Treatment with a Mandibular Advancement Device." *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 63.4 (2002): 315-324.

Sandhu, N., Sandhu, S.S., Mehta, K., Kashyap, R. "A cephalometric study to evaluate the variations in pharyngeal airway spaces in Class I and Class II malocclusions" *Dental Journal of Advance Studies* 1.3 (2013): 163-168.

Schünke, M., et al. *Prometheus: Kopf und Neuroanatomie*. Stuttgart: Thieme, 2006.

Waldeyer, A. J. *Waldeyer–anatomie des menschen*. Eds. Jochen Fanghänel, et al. walter de Gruyter, 2009.

Bannister, L.H. *Gray's anatomy*. Eds. Peter L. Williams, Roger Warwick, and Mary Dyson. Vol. 378. Edinburgh: Churchill livingstone, 1989.

Yu, M., Dong, F., Liu, H. "Comparing of MRI and cephalometrics of upper airway in the normalocclusion people age ranged from 18 to 25." *Journal of Modern Stomatology* 5 (2007): 009.