

Aus der
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen
Abteilung Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-
und Gesichtschirurgie

**Gewinnung von altersabhängigen Referenzwerten
für den Posterior Airway Space
anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Kimmerle, Lisa

2023

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. S. Reinert

2. Berichterstatter: Professorin Dr. T. Histing

Tag der Disputation: 21.06.2023

Meiner Familie
in Liebe und Dankbarkeit
gewidmet.

I Inhaltsverzeichnis

I Inhaltsverzeichnis.....	3
II Tabellenverzeichnis.....	8
III Abbildungsverzeichnis.....	12
III Abkürzungsverzeichnis.....	13
1. Einleitung.....	16
1.1. Definition des Posterior Airway Space	16
1.2. Anatomie.....	16
1.2.1. Atmung und Atemwege.....	16
1.2.2. Morphologie des Pharynx.....	17
1.2.3. Das Wachstum des menschlichen Körpers.....	18
1.2.4. Schädel- und Gebissentwicklung.....	19
1.2.5. Dentition.....	20
1.3. Bildgebung.....	20
1.3.1. Gesetzliche Grundlagen.....	20
1.3.2. Die Fernröntgenseitenaufnahme.....	21
1.3.3. Die digitale Volumentomographie	23
1.3.4. Die Computertomographie.....	23
1.3.5. Die Magnetresonanztomographie.....	23
1.3.6. Die FRS-Analyse.....	24
1.4. Reichweite der Thematik.....	25
1.4.1. Morphologische Einflussfaktoren auf den PAS.....	25
1.4.2. Beteiligte Fachgebiete.....	28

1.4.3. Bezug zur Kieferorthopädie.....	28
1.4.4. Bezug zur Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.....	30
1.4.5. Bezug zur Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde.....	31
1.5. Studienziel.....	32
4.5.1. Aufzeigen des Forschungsbedarf.....	32
4.5.2. Aufgabenstellung.....	32
4.5.3. Aussicht.....	32
2. Material und Methoden.....	33
2.1. Ethikkommission.....	33
2.2. Probandenauswahl.....	33
2.3. Probandenalter.....	35
2.4. Geschlechtsunterschiede.....	37
2.5. Erstellung der Fernröntgenseitenaufnahmen.....	38
2.6. Digitalisierung und Berechnung.....	38
2.7. Fernröntgenseitenanalyse.....	41
2.7.1. Röntgenkephalometrische Bezugspunkte.....	41
2.7.2. Röntgenkephalometrische Bezugsebenen.....	43
2.7.3. Messpunkte dieser Studie	45
2.7.4. Messstrecken dieser Studie	47
2.8. Methodenfehler.....	49
2.9. Nachträgliche Eingrenzung der Probandenauswahl.....	49
2.10. Selektion der Messdatengrundlage.....	51
2.11. Auswertung.....	54

3. Ergebnisse	56
3.1. Deskriptive Statistik	57
3.2. Boxplots	62
3.2.1. PASspa-spp	63
3.2.2. PASocc1	64
3.2.3. PASocc2	66
3.2.4. PASme-go	67
3.2.5. PASb-go	69
3.2.6. UvulaL	71
3.2.7. UvulaB	72
3.2.8. PASpost	74
3.2.9. PASmin	75
3.3. Test auf Normalverteilung	77
3.4. Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung	80
3.4.1. Varianzanalyse ohne Aufteilung nach Messstrecke	80
3.4.2. PASspa-spp	85
3.4.3. PASocc1	87
3.4.4. PASocc2	89
3.4.5. PASme-go	92
3.4.6. PASb-go	94
3.4.7. UvulaL	96
3.4.8. UvulaB	98
3.4.9. PASpost	101

3.4.10. PASmin.....	103
4. Diskussion.....	106
4.1. Systemische Fehler.....	106
4.2. Diskussion der Methode.....	106
4.2.1. Probandenauswahl	106
4.2.2. Probandenzahl.....	107
4.2.3. Verwendung der FRS zur Beurteilung des PAS.....	107
4.2.4. Qualität der zugrundeliegenden FRS.....	109
4.2.5. Art der kephalometrischen Methode.....	110
4.2.6. Setzen der kephalometrischen Bezugspunkte.....	111
4.2.7. CVM-Methode zur Bestimmung der Wachstumsphas.....	111
4.2.8. Reproduzierbarkeit der Messergebnisse.....	112
4.2.9. Statistische Auswertung.....	112
4.3. Diskussion der Ergebnisse.....	112
4.3.1. Fehleranalyse.....	112
4.3.2. Vergleich mit der Literatur.....	114
5. Zusammenfassung.....	120
6. Literaturverzeichnis.....	122
7. Erklärung zum Eigenanteil.....	130
8. Danksagung.....	131
V Anhänge.....	132
1. Messwiederholungen	132
2. Alle Messdaten	132

3. Bestimmung der Winkel SNA, SNB und ANB.....	143
4. Kategorisierung der Zeitpunkte anhand der CVM-Methode.....	144
5. Prozentuales Wachstum.....	148

II Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Alter der weiblichen Probanden.....	35
Tabelle 2:	Alter der männlichen Probanden.....	36
Tabelle 3:	Geschlechtsunterschiede zwischen den Altersgruppen.....	37
Tabelle 4:	Röntgenkephalometrische Bezugspunkte.....	41
Tabelle 5:	Röntgenkephalometrische Bezugsebenen.....	43
Tabelle 6:	Messpunkte dieser Studie.....	45
Tabelle 7:	Messstrecken dieser Studie.....	47
Tabelle 8:	Deskriptive Statistik.....	57
Tabelle 9:	Quartile - PASspa-spp.....	63
Tabelle 10:	Quartile - PASocc1.....	65
Tabelle 11:	Quartile - PASocc2.....	66
Tabelle 12:	Quartile - PASme-go.....	68
Tabelle 13:	Quartile - PASb-go.....	69
Tabelle 14:	Quartile - UvulaL.....	71
Tabelle 15:	Quartile - UvulaB.....	73
Tabelle 16:	Quartile - PASpost.....	74
Tabelle 17:	Quartile - PASmin.....	76
Tabelle 18:	Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk - unisex.....	77
Tabelle 19:	Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk - Frauen.....	78
Tabelle 20:	Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk - Männer.....	79
Tabelle 21:	Varianzanalyse (VA): Innersubjektfaktoren.....	81
Tabelle 22:	Varianzanalyse (VA): Zwischensubjektfaktoren.....	81
Tabelle 23:	Varianzanalyse (VA): Test auf Sphärizität.....	82
Tabelle 24:	Varianzanalyse (VA): Test der Innersubjektfaktoren.....	83
Tabelle 25:	VA PASspa-spp: Innersubjektfaktoren.....	85
Tabelle 26:	VA PASspa-spp: Zwischensubjektfaktoren.....	85
Tabelle 27:	VA PASspa-spp: Test auf Sphärizität.....	85
Tabelle 28:	VA PASspa-spp: Test der Innersubjektfaktoren.....	85
Tabelle 29a:	VA PASspa-spp: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	86
Tabelle 29b:	VA PASspa-spp: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	86
Tabelle 30:	VA PASocc1: Innersubjektfaktoren.....	87

Tabelle 31:	VA PASocc1: Zwischensubjektfaktoren.....	87
Tabelle 32:	VA PASocc1: Test auf Sphärizität.....	87
Tabelle 33:	VA PASocc1: Test der Innersubjektfaktoren.....	88
Tabelle 34a:	VA PASocc1: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	88
Tabelle 34b:	VA PASocc1: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	89
Tabelle 35:	VA PASocc2: Innersubjektfaktoren.....	89
Tabelle 36:	VA PASocc2: Zwischensubjektfaktoren.....	89
Tabelle 37:	VA PASocc2: Test auf Sphärizität.....	90
Tabelle 38:	VA PASocc2: Test der Innersubjektfaktoren.....	90
Tabelle 39a:	VA PASocc2: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	91
Tabelle 39b:	VA PASocc2: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	91
Tabelle 40:	VA PASme-go: Innersubjektfaktoren.....	92
Tabelle 41:	VA PASme-go: Zwischensubjektfaktoren.....	92
Tabelle 42:	VA PASme-go: Test auf Sphärizität.....	92
Tabelle 43:	VA PASme-go: Test der Innersubjektfaktoren.....	92
Tabelle 44a:	VA PASme-go: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	93
Tabelle 44b:	VA PASme-go: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	93
Tabelle 45:	VA PASb-go: Innersubjektfaktoren.....	94
Tabelle 46:	VA PASb-go: Zwischensubjektfaktoren.....	94
Tabelle 47:	VA PASb-go: Test auf Sphärizität.....	94
Tabelle 48:	VA PASb-go: Test der Innersubjektfaktoren.....	95
Tabelle 49a:	VA PASb-go: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	95
Tabelle 49b:	VA PASb-go: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	96
Tabelle 50:	VA UvulaL: Innersubjektfaktoren.....	96
Tabelle 51:	VA UvulaL: Zwischensubjektfaktoren.....	96
Tabelle 52:	VA UvulaL: Test auf Sphärizität.....	96
Tabelle 53:	VA UvulaL: Test der Innersubjektfaktoren.....	97
Tabelle 54a:	VA UvulaL: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	97
Tabelle 54b:	VA UvulaL: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	98
Tabelle 55:	VA UvulaB: Innersubjektfaktoren.....	98
Tabelle 56:	VA UvulaB: Zwischensubjektfaktoren.....	98
Tabelle 57:	VA UvulaB: Test auf Sphärizität.....	99

Tabelle 58:	VA UvulaB: Test der Innersubjektfaktoren.....	99
Tabelle 59a:	VA UvulaB: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	100
Tabelle 59b:	VA UvulaB: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	100
Tabelle 60:	VA PASpost: Innersubjektfaktoren.....	101
Tabelle 61:	VA PASpost: Zwischensubjektfaktoren.....	101
Tabelle 62:	VA PASpost: Test auf Sphärizität.....	101
Tabelle 63:	VA PASpost: Test der Innersubjektfaktoren.....	101
Tabelle 64a:	VA PASpost: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	102
Tabelle 64b:	VA PASpost: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	102
Tabelle 65:	VA PASmin: Innersubjektfaktoren.....	103
Tabelle 66:	VA PASmin: Zwischensubjektfaktoren.....	103
Tabelle 67:	VA PASmin: Test auf Sphärizität.....	103
Tabelle 68:	VA PASmin: Test der Innersubjektfaktoren.....	104
Tabelle 69a:	VA PASmin: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht.....	104
Tabelle 69b:	VA PASmin: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt.....	105
Tabelle 70:	Diskussion der Ergebnisse: Ergebnisse dieser Studie.....	116
Tabelle 71:	Vergleich mit der Literatur: Rose et al. (2003).....	117
Tabelle 72:	Vergleich mit der Literatur: Hochban et al. (1994).....	118
Tabelle 73a:	Messwiederholungen Teil 1.....	132
Tabelle 73b:	Messwiederholungen Teil 2.....	132
Tabelle 74a:	Alle Messdaten H1-H4.....	133
Tabelle 74b:	Alle Messdaten H5-H8.....	134
Tabelle 74c:	Alle Messdaten H9-H12.....	135
Tabelle 74d:	Alle Messdaten H13-H16.....	136
Tabelle 74e:	Alle Messdaten H17-H20.....	137
Tabelle 74f:	Alle Messdaten H21-H24.....	138
Tabelle 74g:	Alle Messdaten H25-H28.....	139
Tabelle 74h:	Alle Messdaten H29-H32.....	140
Tabelle 74i:	Alle Messdaten H33-H36.....	141
Tabelle 74j:	Alle Messdaten H37-H40.....	142
Tabelle 75:	Bestimmung von SNA, SNB und ANB.....	143
Tabelle 76a:	Einteilung Zeitpunkte (Einheiten) - weibliche Probanden.....	144

Tabelle 76b: Einteilung Zeitpunkte (Einheiten) - männliche Probanden.....	145
Tabelle 77a: Einteilung Zeitpunkte (Millimeter) - weibliche Probanden.....	146
Tabelle 77b: Einteilung Zeitpunkte (Millimeter) - männliche Probanden.....	147
Tabelle 78a: Prozentuales Wachstum - weibliche Probanden.....	148
Tabelle 78b: Prozentuales Wachstum - männliche Probanden.....	149
Tabelle 79: Prozentuales Wachstum - Mittelwerte.....	150

III Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Röntgenkephalometrische Bezugspunkte.....	42
Abbildung 2:	Röntgenkephalometrische Bezugsebenen.....	44
Abbildung 3:	Messpunkte dieser Studie.....	46
Abbildung 4:	Messstrecken dieser Studie	48
Abbildung 5:	Die Winkel SNA, SNB und ANB.....	50
Abbildung 6:	Cervical Vertebral Maturation.....	52
Abbildung 7:	Boxplot - PASspa-spp.....	63
Abbildung 8:	Boxplot - PASocc1.....	64
Abbildung 9:	Boxplot - PASocc2.....	66
Abbildung 10:	Boxplot - PASme-go.....	67
Abbildung 11:	Boxplot - PASb-go.....	69
Abbildung 12:	Boxplot - UvulaL.....	71
Abbildung 13:	Boxplot - UvulaB.....	72
Abbildung 14:	Boxplot - PASpost.....	74
Abbildung 15:	Boxplot - PASmin.....	75

III Abkürzungsverzeichnis

A	A-Punkt (Punkt der Kephalmetrie)
AASM	American Academy of Sleep Medicine (engl. Eigenname)
ALARA	as low as reasonably achievable (engl. für so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar)
ANB	konstruierter Winkel in der Kephalmetrie
Ar	Articulare (Punkt der Kephalmetrie)
B	B-Punkt (Punkt der Kephalmetrie)
BGBI	Bundesgesetzblatt
BRD	Bundesrepublik Deutschland
CBCT	Cone Beam Computertomografie = Digitale Volumetomografie
ccw	counterclockwise (engl. für gegen den Uhrzeigersinn)
CPA	continuous positive airway pressure (engl. für kontinuierlicher Atemwegsüberdruck)
CT	Computertomographie
CVM	Cervical Vertebral Maturation (engl.)
cw	clockwise (engl. für im Uhrzeigersinn)
DDR	Deutsche Demokratische Republik
df	Freiheitsgrade (Statistik)
dpi	dots per inch (engl. für Pixel pro Zoll)
DVT	Digitale Volumetomographie
et al.	et alii (lat. für und andere)
F	female (engl. für weiblich)
FKO	Funktionskieferorthopädie
FMA	functional mandibular advancer (engl.)
FRS	Fernröntgenseitenaufnahme
GNE	Gaumennahterweiterung
Go	Gonion (Punkt der Kephalmetrie)
H1,2,3, ...	Nummerierung der Probanden dieser Studie

HNO	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
hPOcP	Punkt der Kephalemetrie markiert durch die Molaren
ICSD	International Classification of Sleep Disorders (engl.)
JMP	Computerprogramm für Statistik
JPG	Bilddatei-Format
KFO	Kieferorthopädie
kV	Kilovolt (Einheit)
LJ	Lebensjahr
M	Mittelwert oder auch Musculus (griech. für Muskel)
MALT	Mucosa associated lymphatic tissue (engl.)
Max	Maximum
me	Menton (Punkt der Kephalemetrie)
MDiff	Mittelwertdifferenz
MKG	Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Min	Minimum
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Nasion (Punkt der Kephalemetrie)
N	Anzahl (Statistik)
OcP	Okklusalanum (Ebene der Kephalemetrie)
OSAS	Obstruktives Schlafapnoe Syndrom
P	Punkt
p	Signifikanzwert (Statistik)
PAS	Posterior Airway Space (engl.)
RIS	Radiologieinformationssystem
Post	posterior (lat.)
Q	Quartil (Statistik)
RöV	Röntgenverordnung
S	Sellamitte (Punkt der Kephalemetrie)
SD	Standardabweichung

SN	Strecke S-N (Strecke in der Kephalmetrie)
SNA	Winkel zwischen SN und A (Kephalmetrie)
SNB	Winkel zwischen SN und B (Kephalmetrie)
Sig.	Sigma (Statistik)
Spa	Spina nasalis anterior (Punkt der Kephalmetrie)
Spp	Spina nasalis posterior (Punkt der Kephalmetrie)
SPSS	Computerprogramm für Statistik
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
T1	Tangentialpunkt 1 (Punkt der Kephalmetrie)
T2	Tangentialpunkt 2 (Punkt der Kephalmetrie)
t1, t2, t3	Zeitpunkte (in dieser Arbeit definiert)
UARS	Upper Airway Resistance Syndrom (engl.)
UPP	Uvulopalatoplastik
VA	Varianzanalyse
x	unbekannte Variable

Weitere

ε	Epsilon (Statistik)
μSv	Mikrosievert (Einheit)
ηp	partielles Eta-Quadrat (Statistik)

Zur besseren Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Gemeint ist damit sowohl das männliche als auch das weibliche Geschlecht.

1. Einleitung

1.1. Definition des Posterior Airway Space

Bei dem englischen Begriff „Posterior Airway Space“ (PAS) handelt es sich um die gemessene Ausdehnung des Rachenraums, die in anterior-posterior Richtung (Sagittale) auf verschiedenen Ebenen bestimmt und in Millimeter angegeben wird. Orientierungsebenen werden anhand kephalometrischer Fixpunkte konstruiert. Der jeweilige dorsale Messpunkt wird dabei durch die hintere Rachenwand festgelegt, die durch die konstruierten Ebenen geschnitten wird. Die ventralen Messpunkte unterscheiden sich je nach Ebene. Bekannte Autoren wie Hourfar et al., Rose et al. und Hochban et al. vermessen und berichten über den PAS und dessen Wechselwirkung in medizinischen Fachbereichen wie der Kieferorthopädie und der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Hourfar et al. 2017; Rose et al 2003, Hochban et al. 1994).

1.2. Anatomie

1.2.1. Atmung und Atemwege

Die Atmung dient dem Gasaustausch und ist daher lebensnotwendig. Doch wie hoch ist das Volumen, welches bei jedem Atemzug die Atemwege durchqueren muss? Das durchschnittliche Atemzugvolumen des Menschen beträgt 0.5 Liter. Eine normale Atemfrequenz liegt bei 16 bis 20 Atemzügen pro Minute. Das Produkt aus Atemzugvolumen und Atemfrequenz ist das Atemzeitvolumen und gibt an, welches Luftvolumen innerhalb einer Minute die Atemwege passiert.

Bevor der Gasaustausch in den Lungenalveolen stattfinden kann, muss die Atemluft die Atemwege passieren. Nase, Nasennebenhöhlen und Rachenraum bilden die oberen Atemwege, zu den unteren Atemwegen zählen Kehlkopf, Luftröhre und die Lunge mit all ihren Bestandteilen. Bis zur Ebene der Bronchioli terminales gehören diese zu den zuleitenden Anteilen. Hier findet kein Gasaustausch statt, das Volumen wird als anatomischer Totraum bezeichnet und umfasst ca. 150 ml. Wie vorher schon erwähnt beträgt das Atemzugvolumen ca. 500 ml, also werden ca. zwei Drittel der Atemluft in die Alveolen weitergeleitet.

Neben der Verteilung der Atemluft besitzen die zuleitenden Abschnitte der Luftwege auch die Funktionen des Anwärmens, der Anfeuchtung, der Reinigung und der Immunabwehr. Die respiratorischen Abschnitte beginnen mit den Bronchioli respiratorii, ab denen Alveolen zu finden sind und Gasaustausch erfolgen kann. (Klinke et al. (Hg.) 2005; Speckmann et al. (Hg.) 2008).

1.2.2. Morphologie des Pharynx

Der Rachen besitzt neben der Beteiligung an der Atmung weitere wichtige Aufgaben. Zum einen dient er der Weiterleitung von Nahrung und Flüssigkeit von der Mundhöhle Richtung Ösophagus. Gaumensegel und Kehldeckel trennen während des Schluckaktes den Speiseweg vom Luftweg. Zum anderen besitzt der Schlund den sogenannten Waldeyer-Rachenring. Dieser wird aus den Tonsillen und diffus verteiltem subepitheliale lymphatischem Gewebe (MALT - Mucosa associated lymphatic tissue) gebildet.

Der Pharynx ist ein zylindrischer Muskelschlauch und misst eine Länge von ca. 12 bis 15 cm. Er gliedert sich aufgrund seiner drei zur Vorderwand gerichteten Öffnungen zu Nase, Mund und Kehlkopf in drei Abschnitte:

- Den Nasopharynx (Epipharynx, Pars nasalis pharyngis),
- den Oropharynx (Mesopharynx, Pars oralis pharyngis) und
- den Laryngopharynx (Hypopharynx, Pars laryngea pharyngis) auf.

Der Posterior Airway Space wird in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich im Oropharynx, teilweise aber auch im Nasopharynx bestimmt. Er gibt die Tiefe des Pharynx (in anterior-posterior Richtung) auf bestimmten Ebenen an.

Der Pharynx wird aus unterschiedlichen Muskelgruppen gebildet:

- Den Konstriktoren (Schlundschnürern, Mm. constrictores pharyngis), die den M. constrictor pharyngis superior, den M. constrictor pharyngis medius und den M. constrictor pharyngis inferior umfassen.

- Und den Levatoren (Schlundhebern, Mm. levatores pharyngis), welche den M. stylopharyngeus, den M. salpingopharyngeus und den M. palatopharyngeus beinhalten.

Diese spannen den Pharynx von der Schädelbasis bis zum Ringknorpel des Larynx auf. Die Dehnbarkeit des Pharynx ist maßgeblich daran beteiligt, wie viel Atemluft in die Lunge gelangen kann.

Die Angaben in diesem Kapitel wurden dem Lehrbuch Duale Reihe Anatomie (Kapitel „Hals“) entnommen (Aumüller et al. 2007).

1.2.3. Das Wachstum des menschlichen Körpers

In der vorliegenden Studie wird der Pharynx im Laufe des Wachstums der Probanden wiederholt mittels Analyse von FRS vermessen. Um die Vorgänge richtig durchleuchten und Ergebnisse korrekt auswerten zu können, muss zum Verständnis umreißen auf das allgemeine Körperwachstum eingegangen werden.

In Bezug auf das Größenwachstum findet man bis zur Pubertät zwischen Mädchen und Jungen keinen wesentlichen Unterschied. Ab dem pubertären Wachstumsschub können dann erhebliche Unterschiede beobachtet werden. Bei den Mädchen ist der Wachstumsschub etwa zwei Jahre vor denen der Jungen zu erwarten. Die Wachstumsgeschwindigkeit steigt hier in etwa wieder auf das Niveau des vierten Lebensjahres an. Das Wachstumsmaximum liegt bei den Mädchen zwischen 10,5 und 14 Lebensjahren, bei den Jungen erstreckt sich dieses Intervall von 12,5 bis 16 Jahren. Der Wachstumsgipfel liegt dabei bei den Mädchen durchschnittlich bei 12,2 und bei den Jungen bei 14 Jahren. Die durchschnittliche Körpergröße nach Abschluss des Wachstums ist bei den Männern im Schnitt um 12 cm höher. (Exner 2003)

Wachstumsregulatoren sind zum Beispiel die Ernährung, genetische Faktoren, hormonelle Regulationsvorgänge und sozioökonomische Bedingungen. Diese Effekte können mittels Wachstumsanalysen näher betrachtet werden. (Exner 2003).

Interessante Schriften zur Ermittlung von Normwerten europäischer longitudinaler Wachstumsstudien stammen von Karlberg et al. und Tanner et al. (Karlberg 1987; Tanner et al. 1966).

1.2.4. Schädel- und Gebissentwicklung

Hirn- und Gesichtsschädel weisen eine unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit auf. Ersterer orientiert sich an den neuronalen Wachstumsmustern und zweiterer an dem allgemeinen Körperwachstum. Der Hirnschädel ist von Geburt an im Verhältnis zur Gesamtgröße des Säuglings relativ groß. Der Gesichtsschädel zeigt eine hohe Wachstumsgeschwindigkeit im Kleinkindalter. Die Größenzunahme von Ober- und Unterkiefer wird durch eine Translation vollzogen. Es handelt sich dabei um eine Parallelverschiebung, die durch Größenzunahme und Verlagerung zustande kommt.

Am Gesichtsschädel sind nahezu alle Bereiche an Wachstum und Remodellierungsprozessen beteiligt, weshalb es hier keine typischen Wachstumszentren gibt. Der Hirnschädel nimmt anhand von Resorption und Apposition an Volumen zu. Die Schädelbasis verlagert sich dabei nach anterior und caudal. Die Schadelbaisis zeigt ein autonomes Wachstum. Sich vergrößernde Hirnanteile wirken als treibende Kraft. Die Verknöcherung der Synchronosen zu Suturen bewirken so, dass ab dem siebten Lebensjahr an diesen Stellen kein sagittales oder vertikales Wachstum mehr stattfindet. Ein vorzeitiger Verschluss kann zur Mittelgesichtshypoplasie führen. Anfangs gewinnt der Oberkiefer stetig an Größe, indem am Nasenboden Resorption und am Gaumendach Apposition von Knochen stattfindet („Primäres Displacement“: Mit eigenständiger Größenänderung). Zudem verlängert sich der Gaumen am dorsalen Ende Richtung Pharynx - die Alveolarfortsätze wachsen und gewinnen so an Höhe. Nach der Pubertät wird der Oberkiefer durch Dimensionsänderungen der umliegenden Areale nach ventral verlagert („Sekundäres Displacement“: Durch Wachstum eines benachbarten Gebietes) - zudem wächst er in Richtung mesiokaudal.

Der Unterkiefer wächst hauptsächlich mit Hilfe von primärem Displacement, hierbei unterscheidet man zwischen zwei Varianten: Einerseits gibt es das

brachyfaziale Wachstum in counterclockwise Richtung (ccw). Bei dem der Unterkiefer nach kaudal und ventral rotiert. Andererseits gibt das dolichofaziale Wachstum in clockwise Richtung (cw). Hier rotiert der Unterkiefer in Richtung dorsokaudal.

Bestimmend für die Rotationsrichtung des Unterkiefers ist die Richtung, in die der aufsteigende Ast und der Gelenkfortsatz wachsen. Durch Remodellierung vergrößert sich der Unterkiefer nach posterior.

(Kahl-Nieke 2010; Schopf 2008; Enlow und Hans 1996)

1.2.5. Dentition

Die Milchzähne treten in etwa zwischen dem 6. und dem 30. Lebensmonat durch. Die Zähne des permanenten Gebisses stellen sich innerhalb dreier Phasen ein. Die frühe Wechselgebissphase erstreckt sich vom 6. bis 8. Lebensjahr, worauf eine Ruhephase von ca. 1 bis 1,5 Jahren folgt. Die späte Wechselgebissphase schließt sich im Alter von 9,5 bis 12 Jahren an.

Im Laufe der Gebissentwicklung werden dabei drei physiologische Bisshebungen durchlaufen. Die erste mit der Ausbildung des Milchgebisses, die zweite mit dem Durchbruch der ersten Molaren und die dritte mit der Einstellung der Stützzonen und der zweiten Molaren. Die dritten Molaren sind nicht bei jedem Menschen angelegt und werden routinemäßig nicht als zusätzliche Stützzonenerhöhung gezählt. Ein Durchtritt ist im Alter von 17 bis 22 Jahren zu erwarten.

(Kahl-Nieke 2010; Schopf 2008).

1.3. Bildgebung

1.3.1. Gesetzliche Grundlagen

Da das Untersuchungsmaterial dieser Arbeit in Form von Röntgenaufnahmen vorliegt, spielt der Strahlenschutz eine wichtige Rolle.

Das Strahlenschutzgesetz der Bundesrepublik Deutschland ist für Übertragung - der von der EUROTOM vermittelten Inhalte - in Deutschland zuständig. 1987 erschien die Röntgenverordnung, welche zuletzt 2003 nach den Richtlinien der

EURATOM neu gefasst wurde. Die Röntgenverordnung wurde zum 01.01.2019 von der Strahlenschutzverordnung und dem Strahlenschutzgesetz abgelöst. Der wahrscheinlich wichtigste Inhalt betrifft die „rechtfertigende Indikation“. Hier wird formuliert, wie der „gesundheitliche Nutzen gegenüber dem Strahlenrisiko“ überwiegen sollte. Außerdem soll „jede unnötige Strahlenexposition“ vermieden werden. In diesem Zuge befasst man sich auch mit der „Vermeidung von unnötiger Exposition und Dosisreduzierung“, regelt die „genehmigungsbedürftige Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen zum Zweck der medizinischen Forschung“ und erläutert die Rolle einer „Ethikkommission“. (Gerabek 1995; StrlSchG 2017; RöV 2003; StrlSchV 2018; Pasler 2003)

1.3.2. Die Fernröntgenseitenaufnahme

In dieser Arbeit wurde der Posterior Airway Space in seiner Tiefe anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen vermessen, weshalb hierauf genauer eingegangen werden soll. Als weitere Untersuchungsmethoden sind zum Beispiel die digitale Volumentomographie, die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie zu nennen.

Die Fernröntgenseitenaufnahme (FRS) wurde seit dem Jahr 1931 durch Hofrath in Düsseldorf (Deutschland) und Broadbent in Cleveland (USA) populär und gilt seither als wichtiges diagnostisches Hilfsmittel in der Kieferorthopädie und in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Sie dient heute der Diagnostik, Therapieplanung und Verlaufskontrolle. (Kahl-Nieke 2010; Pasler 2003; Schopf 2008)

Abgebildet werden sowohl knöcherne als auch Weichteilstrukturen des Kopfes und des oberen Anteils der Halswirbelsäule. Anhand dessen lassen sich in der Sagittalen Aussagen über zum Beispiel Längen, Winkel, Lagebeziehungen, Dentition, Weichteilprofil, Wachstumstendenzen, Probandenalter machen. Außerdem ist auf jeder Aufnahme ein Zentimetermaß sichtbar, um dem Betrachter einen Eindruck der tatsächlichen Größenverhältnisse zu vermitteln.

(Kahl-Nieke 2010; Pasler 2003; Schopf 2008). Diese Skala war auf den dieser Arbeit zugrunde liegenden FRS nicht angegeben.

Bei der Herstellung wird der Patient in aufrechter entspannter Körperhaltung vor dem Bildträger positioniert. Der Kopf sollte nach der Frankfurter Horizontalen ausgerichtet sein. Als Hilfsmittel dienen Cephalostaten, die den Kopf fixieren. Der Fokus-Film-Abstand beträgt dabei mindestens 1,5 Meter, um möglichst originalgetreue Größenverhältnisse zu erhalten.

Durch Einsatz von Filterfolien können neben skelettalen Arealen auch Weichteile sichtbar gemacht werden, da hierfür unterschiedliche Strahlenqualitäten von Nöten sind. Durch Verwendung von Kontrastmitteln kann die Beurteilung der FRS teils noch verbessert werden. (Pasler 2003; Kahl-Nieke 2010)

FRS sind aufgrund der definierten Einstellung des Kopfes reproduzierbar und untereinander vergleichbar, sie sind kostengünstig und mit einer relativ geringen Strahlenbelastung für den Patienten durchführbar. Laut Schulze beträgt die effektive Dosis ca. 5,6 μSv je Aufnahme. (Schulze 2019)

Durch Vermessungsmethoden können FRS nun ausgewertet werden. Viele Autoren verwenden sie auch, um Erkenntnisse zum Posterior Airway Space zu gewinnen. Hierzu werden im Verlauf dieser Arbeit einige Beispiele genannt werden.

Um die Messstrecken zur Bestimmung des PAS auf verschiedenen Ebenen zu konstruieren, werden wichtige kephalometrische Bezugspunkte markiert und die dazugehörigen Strecken verbunden: Dies kann mit Hilfe des Spinaplanums, (Oberkiefergrundebene, Spa-Spp), des Okklusalplanums (hPOcP - halber frontaler Überbiss) und des Mandibularplanums (Unterkiefergrundebene, Me-Go) geschehen. (Kahl-Nieke 2010)

Verlängert man diese Strecken nach dorsal, erzielt konstruierte Schnittpunkte mit der Vorder- und Rückwand des Pharynx, deren Abstand dann vermessen werden kann.

Der Pharynx ist ein dreidimensionales Gebilde, daher sind diese Messungen auf einer zweidimensionalen Röntgenaufnahme nur eine Annäherung. Weitere dreidimensionale bildgebende Verfahren kommen in Betracht:

Um eine Vorstellung des Volumens des Pharynx zu erhalten, könnten auch eine Computertomographie (CT), eine Digitale Volumentomographie (Cone Beam CT) oder eine Magnetresonanztomographie (MRT) durchgeführt werden.

Alternativ zur Fernröntgenseitenaufnahme sind also auch folgende Methoden der Abbildung in Betracht zu ziehen:

1.3.3. Die digitale Volumentomographie

Bei der digitalen Volumentomographie (DVT) handelt es sich um eine Kegelschichttomographie, bei der wie die Namensgebung schon vermittelt, der Patient anhand kegelförmiger Röntgenstrahlen aus verschiedenen Richtungen kontinuierlich durchleuchtet wird. Durch Verrechnung der Informationen dieser Strahlenkegel entstehen dreidimensionale Momentaufnahmen. (Brown et al. 2009; Chen et al. 2018; Suratt et al. 1983). Der Mittelwert der effektiven Dosis für ein DVT im zahnärztlichen Bereich, liegt laut Schulze bei 106,2 μSv (Schulze 2019).

1.3.4. Die Computertomographie

Beim Kopf-CT wird der Schädel des Patienten in transversalen (axialen) Schnitten einstellbarer Dicke mittels Röntgenstrahlen durchleuchtet. Mit Hilfe von Dichtemessung, die von den Absorptionskoeffizienten der einzelnen Gewebe abhängt, wird computerunterstützt ein Bild dieser Schicht rekonstruiert. Zudem wird die dreidimensionale Darstellung ermöglicht (Pasler 2003). Die effektive Dosis für ein CT im Kopf-Bereich wird von Schulze mit 795,7 μSv angegeben. (Schulze 2019)

1.3.5. Die Magnetresonanztomographie

Bei der Magnetresonanztomographie (MRT) - oder auch Kernspintomographie - sind keine Röntgenstrahlen von Nöten. Diese Technik bedient sich des Spins (Eigendrehmoment) von Atomkernen des menschlichen Körpers, der unter

einem starken Magnetfeld neu ausgerichtet wird und so typische Signale ausstrahlt, die nach computergestützter Verrechnung ein Bild ergeben. (Pasler 2003)

1.3.6. Die FRS-Analyse

Die Auswertung von Fernröntgenseitenbildern spielt eine zentrale Rolle in dieser Arbeit und bedient sich dabei Methoden der Kephalmetrie. Mittlerweile sind mehr als 100 FRS-Analyse-Verfahren bekannt - wie etwa die von Downs, Tweed, A. M. Schwarz, Steiner, Ricketts und Jarabak. Die derzeit populärste ist wohl die Methode nach Hasund. (Schopf 2008)

In den fünfziger Jahren wurde im amerikanischen Raum - im Gegensatz zu Europa - noch nicht zwischen der dentalen und skelettalen Auswertung unterschieden. Nach A. M. Schwarz entstanden durch diese Vereinheitlichung immer wieder diagnostische Fehler. 1935 sprach er sich für die Trennung von Gnathometrie und Craniometrie aus. (Hausser 1976; Schwarz 1959; Schwarz 1960)

1952 befasste sich Riedel mit der Lagebeziehung von Ober- und Unterkiefer zum Schädel und Auftreten von Malokklusionen (Riedel 1952). Edler bezieht sich 2001 auf die Schriften von Da Vinci und spricht den idealen Proportionen einen hohen Wert zu (Edler 2001). Harmonie und Proportionen gewinnen immer mehr an Bedeutung, fixe Sollwerte treten weiter in den Hintergrund. Harmonie entsteht, wenn das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten aufeinander abgestimmt ist. (Segner und Hasund 2003; Segner 1989)

A. M. Schwarz arbeitet Ist- und Soll-Beziehungen aus, es entsteht die Definition des heute gebräuchlichen Durchschnitts-, Vor- und Rückgesichts. Zudem kombiniert er die Position des Gebisses im Schädel. Es entstehen die Begriffe „nach vorne schief“ und „nach hinten schief“. (Schopf 2008)

Als wichtigste Bezugsebene gibt A. M. Schwarz das Spinaplanum an. Außerdem stellt er Versuche der Wachstumssteuerung durch gezielte Behandlungen an, der heutige Inbegriff der Funktionskieferorthopädie. (Loserth 2008)

Die modifizierte FRS-Analyse nach Hasund wird auch an der Universität Tübingen gelehrt. Die Resultate der FRS-Analyse werden unter anderem mit Hilfe der Harmoniebox ausgewertet. Das Erreichen von harmonischen Zuständen ist dabei ein Ziel der Therapie.

1.4. Reichweite der Thematik

Deutsche Studien, die sich mit der Ausmessung des PAS bei gesunden Probanden befassen, sind rar. Zwei der wenigen Studien, bei denen Ergebnisse anhand einer Kontrollgruppe von gesunden Probanden erzielt wurden, sind die von Rose et al. und Hochban et al. (Rose et al. 2003; Hochban et al. 1994). Ein anderes Beispiel aus dem europäischen Raum wäre von Verin et al. zu nennen (Verin et al. 2001). Jedoch beschäftigen sich Autoren überall auf der Welt mit dieser Thematik: Auch in Japan und China sind dazu Daten erhoben worden (Muto et al. 2007, Samman et al. 2003, Shen et al. 1994).

Die für in Arbeit erzielten Ergebnisse werden im Diskussionsteil mit den genannten deutschen Studien verglichen.

In den Ausführungen von Rose et. al. wird der PAS in Verbindung mit dem Auftreten von Gaumenspalten und dessen Therapie mittels Palatoplastik vermessen (Rose et al. 2003). Von Hochban et al. sind Messwerte des PAS in Verbindung mit dem Auftreten des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms und Atemwegobstruktionen bekannt (Hochban et al. 1994). Bei der Recherche zur vorliegenden Arbeit fällt auf, dass sich zahlreiche Studien mit der PAS-Vermessung im Zusammenhang mit verschiedenen Erkrankungen und den Auswirkungen bestimmter Therapien in den Fachbereichen der Kieferorthopädie und Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie befassen.

1.4.1. Morphologische Einflussfaktoren auf den PAS

Verschiedene Faktoren, wie zum Beispiel der dolichofaziale Gesichtstyp, oder die Lage des Unterkiefers, der Zunge und des Hyoids, können Einfluss auf den Posterior Airway Space haben (Hochban et al. 2008; Rose et al. 2002; Pae et al.

1994; Hudgel und Hendricks 1988; Pradel et al. 2000). Diese lassen sich häufig mit Wachstums- und Schlafstörungen in Verbindung bringen.

Wachstumsstörungen können angeboren oder erworben auftreten. Die angeborenen, lassen sich in syndromal und nicht syndromale Wachstumsstörungen gliedern. Bei Unterentwicklungen des Ober- bzw. Unterkiefers handelt es sich um nicht syndromale Störungen. Bei Syndromen hingegen, stellt eine Dysgnathie oft nur das Symptom dar. Bei erworbenen Wachstumsstörungen kann man bei der Ursachenforschung zwischen exogenen (äußeren) und endogenen (inneren) Einflussfaktoren unterscheiden. Exogene und endogene Einflüsse wären zum Beispiel Frakturen, Vernarbungen, Infektionen wie Osteomyelitis, Tumoren, Dysostosen und Habits wie Daumenlutschen oder Mundatmung, hormonale Störungen usw. (Schwenzer et al. (Hg.) 2011; Hochban et al. 2008; Schopf 2008).

Im Folgenden werden einige Beispiele aufgeführt, die sich durch direkte Lagebeziehungen zum Pharynx auszeichnen:

Freitas et al. und Oz et al. untersuchten die Ausdehnung der oberen Atemwege in Bezug auf sagittale Verlagerungen des Ober- und Unterkiefers oder auch deren Wachstumstendenzen (Freitas et al. 2006; Oz et al. 2013).

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten entstehen während der Embryonalzeit und beruhen auf einem nicht vollständigen Verschluss der betroffenen Anteile. Sie können durch äußere Einflüsse wie Stress, Mangelernährung, Alkohol- und Tabakkonsum der Mutter, oder innere Einflüsse wie genetische Faktoren hervorgerufen werden. (Schwenzer et al. (Hg.) 2011; Kahl-Nieke 2010; Schopf 2008)

Das Pierre-Robin-Syndrom zeichnet sich durch isolierte Gaumenspalten, Mikrognathie, Retrogenie und Glossoptose aus (Kahl-Nieke 2010; Schopf 2008). Teil der Therapie ist unter anderem, den Pharynx anhand von Hilfsmitteln offen zu halten (Krimmel et al. 2019).

Arslan et al. befassen sich mit der Hypohidrotischen ektodermalen Dysplasie (Arslan et al. 2007).

In der Literatur wird der Zusammenhang zwischen der Ausdehnung des PAS und dem Vorkommen von schlafbezogenen Atmungsstörungen untersucht (Hochban

et al. 2008). Insbesondere das obstruktive Schlafapnoe Syndrom (OSAS) liegt hierbei im Fokus von Autoren wie Verin et al. (2001), Albajalan et al. (2010) und Banhiran et al. (2012). Das Syndrom hat große Bedeutung, da es zu schwerwiegenden Folgen, wie Herz-Kreislaufkrankungen, Hirnschäden und Schlaganfall führen kann (Hannemann 2000; Schäfer 1996; S3-Leitlinie 063 - 001. 2017). Nach internationaler Klassifikation wird das OSAS in die Gruppe ICSD-3 der obstruktiven atemmechanischen Funktionsstörungen eingeteilt (Gahr 2018; Sateia 2014), bei denen der Atemwegswiderstand erhöht ist (Klinke et al. (Hg.) 2005; Speckmann et al. (Hg.) 2008). Bei restriktiven Funktionsstörungen hingegen, ist die Dehnbarkeit des Gewebes vermindert (Klinke et al. (Hg.) 2005; Speckmann et al. (Hg.) 2008). Das OSAS zeichnet sich durch die Obstruktion der oberen Atemwege aufgrund von Erschlaffen der Muskulatur aus. Der durch das Blockieren der Atemwege entstehende Sauerstoffmangel im Blut, führt zum reflektorischen Erwachen. (Klinke et al. (Hg.) 2005) Schnarchen ist ein häufiges Begleitsymptom (Hannemann 2000, Schäfer 1996). Begünstigende Risikofaktoren sind zum Beispiel Übergewicht und Alkoholgenuss (Klinke et al. (Hg.) 2005). Albajalan et al. geben an, dass in der Literatur Zusammenhänge, zwischen dem Vorliegen einer obstruktiven Schlafapnoe und weiteren möglichen Risikofaktoren, untersucht werden. Diese Risikofaktoren können zum Beispiel sein: Fehlstellungen und Fehlbildungen des Unterkiefers oder vergrößerte Weichteile wie Adenoide und eine Akromegalie der Zunge (Albajalan et al. 2010). Betrachtet man die Bevölkerung der Industriestaaten, so leiden etwa 15% unter chronischen Schlafstörungen (Klinke et al. (Hg.) 2005).

Physiologische Vorgänge wie die Unterkieferrücklage bei Neugeborenen oder die Hyperplasie der Tonsilla pharyngealis im Kindesalter (adenoide Vegetationen oder umgangssprachlich „Polypen“) bilden sich meist von selbst wieder zurück (Aumüller et al. 2007).

1.4.2. Beteiligte Fachgebiete

Bei Pathologien im Kopf- und Halsbereich ist in besonderen Fällen eine interdisziplinäre Diagnostik und Behandlungsplanung indiziert, welche zum Beispiel die Kieferorthopädie, die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie und die Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde umfassen kann (Schwenzer et al. (Hg.) 2011).

Die Behandlung von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten ist ein gutes Beispiel: Nach der kieferorthopädischen Frühbehandlung mittels Platten erfolgen schrittweise chirurgische Eingriffe zum Weichgaumen- und Hartgaumenverschluss, Logopädie und später gegeben falls kieferorthopädische Korrekturen. (Kahl-Nieke 2010; Schwenzer et al. (Hg.) 2011; Schopf 2008)

Diese oft fachübergreifenden Therapien können Einfluss auf den PAS haben: Hourfar et al. berichten über Effekte auf den extrathorakalen Luftraum nach kieferorthopädisch-MKG-chirurgischer Kombinationsbehandlungen bei Klasse II und III (Hourfar et al. 2017). Folglich könnten Kenntnisse über die physiologischen Zustände des PAS in vielerlei Bereiche nützlich sein.

1.4.3. Bezug zur Kieferorthopädie

Heutzutage sind verschiedene Klassifikationen an dentalen und skelettalen Anomalien und deren Kombinationen untereinander bekannt. So ist dento-alveolär für die sagittale Konfiguration die Kategorisierung nach Angle am geläufigsten und unterteilt in Neutral-, Distal- und Mesialbisslage. Anhand der Kephalmetrie an Fernröntgenseitenaufnahmen kann eine Ober- oder Unterkieferverlagerung in der Sagittalen diagnostiziert werden. Die Unterteilung findet in „orthognath“, „retrognath“ und „prognath“ statt. (Lehmann et al. 2012; Kahl-Nieke 2010)

Das Wachstum eines Patienten spielt in der Kieferorthopädie eine wichtige Rolle, da es in der Funktionskieferorthopädie (FKO) mitunter zur Therapie genutzt wird. (Schopf 2008; Kahl-Nieke 2010).

Auch der Behandlungszeitpunkt hat Einfluss auf die Art der Therapie. So teilt man die Behandlungszeitpunkte in Frühbehandlung (im Säuglingsalter), frühe Behandlung (mit 8 bis 9 Jahren), Normalbehandlung (im späten Wechselgebiss),

Spätbehandlung (ab der Endphase spätes Wechselgebiss) und Erwachsenenbehandlung ein (Kahl-Nieke 2010; Schopf 2008).

Die Lage von Ober- und Unterkiefer wird in der Literatur in Zusammenhang mit bestimmten Pathologien und auch der Größe des PAS gebracht. Laut der S3-Leitlinie bietet sich neben der konventionellen Therapie des obstruktiven Schlafapnoe Syndroms mit Hilfe der CPAP-Methode alternativ die Therapie mittels Unterkieferprotrusionsschiene an (S3-Leitlinie 063 - 001. 2017). Becker et al. untersuchten hierzu 2013 die Unterkieferlage bei Therapie mit Unterkieferprotrusionsschiene mittels FRS (Becker et al. 2013). In der Frühbehandlung bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten werden spezielle Platten, wie zum Beispiel passive Sprech- und Trinkplatten, eingesetzt. (Schwenzer et al. (Hg.) 2011; Kahl-Nieke 2010; Schopf 2008)

Für die Frühbehandlung des Pierre-Robin-Syndroms befasste sich Arbeitsgruppe um Bacher in Tübingen mit der dafür eigens entwickelten Platte, die sogenannte „Tübinger Atmungsplatte“ oder „Spornplatte“. International wird sie als „orthodontic appliance“ oder „pre-epiglottic baton plate“ (PEBP) bezeichnet (Bacher 2010; Krimmel et al. 2019). Der namensgebende Sporn reicht in den Pharynx, hält diesen damit offen und verdrängt die Zunge nach anterior, zudem soll das Unterkieferwachstum angeregt werden. Krimmel betont 2019 in seinen Ausführungen, dass das primäre Behandlungsziel die Normalisierung von Atmung und Nahrungsaufnahme sei (Krimmel et al. 2019). Die Effekte herausnehmbarer kieferorthopädische Geräte wie zum Beispiel Aktivatoren, Vorschubplatten oder Klasse-II-Reglern wurden unter anderem von Karwetzky et al. und Hourfar et al. aber auch in Dissertationsschriften wie von Meißner (Karwetzky et al.; Hourfar et al.; Meißner 2012) beschrieben. Platten gibt es in aktiver und passiver Form. Aktive Platten können den Zahnbogen in transversaler und sagittaler Richtung ausformen. Passive Platten dienen in erster Linie der Retention (Schopf 2008; Kahl-Nieke 2010). Behandlungen können auch die Anwendung von extraoralen Geräten beinhalten. Die Kraftquelle befindet sich extraoral und der Kraftansatzpunkt intraoral. Über Zugkräfte wird Wachstum in bestimmte Richtungen gefördert oder gehemmt. Beispiele hierfür sind Headgear, Delaire-Maske, Kopf-Kinn-Kappe und die Grummons-Maske (Kahl-Nieke 2010;

Schopf 2008). Festsitzende Apparaturen erfordern nicht zwingend körpereigenes Wachstum und können so in verschiedenen Behandlungsphasen, sowie auch noch im Erwachsenenalter angewandt werden. Sie wirken vor allem mittels Translation, Rotation und Torque (Schopf 2008; Kahl-Nieke 2010). Kinzinger et al. verglichen die Auswirkungen der Therapie mit Herbstscharnier und FMA („functional mandibular advancer“) auf die Tiefe des extrathorakalen Luftraumes (Kinzinger et al. 2011). In der Dissertationsschrift von 2012 aus dem Saarland werden die Auswirkungen einer Behandlung mit der festsitzenden Gaumennaht-erweiterungsapparatur (GNE) beschrieben (Spindler 2012).

1.4.4. Bezug zur Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Die Umstellungsosteotomie hat in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie einen hohen Stellenwert und wird (auch bimaxillär) angewandt, um Dysgnathien oder Patienten mit OSAS zu behandeln. Der Oberkiefer wird dabei vom Schädel getrennt und neu positioniert. Eine Gaumennahterweiterung kann mittels dessen Spaltung erzielt werden. Der Unterkiefer kann vor- oder rückverlagert und auch geschwenkt werden (Schwenzer et al. (Hg.) 2011). Die Effekte von Operationen auf den Posterior Airway Space wird in der Literatur diskutiert. Gokce et al. und de Souza Carvalho et al. untersuchten den PAS nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie (Gokce et al. 2012). Hochban gibt an: „Die operative Therapie obstruktiver schlafbezogener Atmungsstörungen durch Umstellungsosteotomien der Kiefer ist sehr effektiv, in hohem Maße erfolgreich und führt kausal zu einer definitiven Beseitigung der Schlafapnoe“ (Hochban 2008). Bei der Blockosteotomie des Kinnbereiches wird durch die Vorverlagerung mitunter die äußere Zungenmuskulatur gestreckt, was eine Vergrößerung des Pharynx zur Folge haben kann (Schwenzer et al. (Hg.) 2011). Kitahara et al. gaben an, dass der PAS bei Klasse III Patienten, im Vergleich zur Kontrollgruppe, signifikant größer ist. Nach mandibulärem Setback konnte eine signifikante Verlagerung des Hyoids festgestellt werden. Eine Rückverlagerung des Unterkiefers und somit eine Verschiebung des Zungenbeins kann laut Canellas et al. ein „risk factor“ (Risikofaktor) für die Verkleinerung des PAS sein und eventuell das OSAS begünstigen (Canellas et al. 2016). Santagata et al. raten daher bei der

Behandlung der Klasse III zur bimaxillären Umstellungsosteotomie anstelle einer alleinigen Unterkieferrückverlagerung (Santagata et al. 2015). Vehr bestätigt 2012 in ihrer Dissertationsschrift, dass eine signifikante Größenveränderung des PAS eher zu erwarten ist, wenn nur monognath und nicht bignath osteotomiert wurde. Nach S3-Leitlinie zum nicht-erholsamen Schlaf soll bei einem im Fernröntgenseitenbild gemessenen Posterior Airway Space von unter zehn Millimetern ein solches bimaxilläres Advancement erwogen werden (S3-Leitlinie 063 - 001. 2017). Zur Planung und Auswertung wird in Studien häufig die CBCT („Cone Beam Computertomografie“) verwendet, anhand derer auch die Ausdehnung des PAS ermittelt werden kann. Nach endoskopischer Untersuchung verglichen Balakrishna et al. den Pharynx mit einem Gummiband, welches wenn man es in einer Richtung komprimiert (posterioro-anterior) in die andere Richtung (lateral) ausweicht (Balakrishna et al. 2014).

1.4.5. Bezug zur Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde

Laut S2-Leitlinie werden für die Behandlung der obstruktiven Schlafapnoe neben den konventionellen Methoden mittels Medikation oder Sauerstoffzufuhr auch chirurgische Vorgehen aufgeführt. Diese betreffen Nase, Nasopharynx, Tonsillen (bspw. Tonsillektomie, Tonsillotomie), weichen Gaumen (bspw. Uvulopalatopharyngoplastik UPPP, Uvulopalatoplastik UPP), Zungengrund und Hypopharynx (bspw. Hyoidsuspension, Zungensuspension, Teilresektion des Zungengrundes), Larynx und Trachea (bspw. Tracheotomie, Strumektomie) und Multi-Level Chirurgie. Diese Techniken überschneiden sich mit dem Fachbereich der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (S2-Leitlinie 017 - 069. 2015). Sériès et al. untersuchten den PAS an Patienten nach chirurgischen Eingriffen an der Nase mittels Polysomnographie (Sériès et al. 1993).

1.5. Studienziel

1.5.1. Aufzeigen des Forschungsbedarf

Pathomechanismen können besser verstanden, therapiert und evaluiert werden, wenn ein fundiertes Wissen über die physiologischen Zustände besteht (Buschang et al).

In Bezug auf die kephalometrische Auswertung von FRS kann aufgrund mangelhafter Anzahl von Kontrollgruppen gesunder Probanden oder Referenzwerten, keine aussagekräftige Erfolgsbewertung von wachstumsorientierter Therapie getroffen werden (Madsen 2002).

Nach Recherche für der Erstellung dieser Arbeit, weist die Studienlage speziell für Personen deutscher Herkunft nur wenig Referenzwerte des Posterior Airway Space bei Gesunden auf.

Zudem ist die Anfertigung von Röntgenaufnahmen ohne rechtfertigende Indikation laut deutscher Gesetzgebung heutzutage verboten (StrlSchG 2017; StrlSchV 2018). Folglich liegt hier ein Forschungsbedarf vor.

1.5.2. Aufgabenstellung

In der vorliegenden Studie sollen anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen alters- und geschlechtsspezifische Referenzwerte für den Posterior Airway Space während des Wachstums ermittelt werden. Sie bezieht sich auf schon vorhandenes FRS-Material und ist daher retrospektiv.

1.5.3. Aussicht

Die gewonnenen Referenzwerte sollen das allgemeine Wissen über physiologische Zustände des Posterior Airway Space erweitern und in der Fülle mit anderen Studien zur Diagnostik, Therapieplanung und Evaluation in der Medizin beitragen können.

2. Material und Methodik

2.1. Ethikkommission

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie, die auf anonymisierten Probandendaten basiert. Sie wurde von der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät Tübingen mit der Projekt-Nummer 217/2017BO2 genehmigt.

2.2. Probandenauswahl

Die im Rahmen dieser retrospektiven Studie vermessenen Fernröntgenseitenbilder wurden von Frau Prof. Dr. Franka Stahl aus Rostock zur Verfügung gestellt. Sie basieren auf der Wachstumsstudie der Universität Rostock, die im Jahr 1959 durch Prof. Dr. Ursula Klink-Heckmann in der Poliklinik für Kieferorthopädie ihren Ursprung fand. Diese bestand anfangs aus 102 von Geburt an untersuchten kieferorthopädisch unbehandelten Probanden, deren Zahl sich aber mit der Zeit auf 82 verringerte. Sie waren zwischen Oktober 1959 und März 1960 geboren, allen sozialen Schichten zugehörig, von ausschließlich deutscher Abstammung und lebten zur Zeit der Untersuchung im nordöstlichen Teil von Deutschland (DDR). Die Daten wurden bis zum vierten Lebensjahr halbjährlich und später jährlich erfasst. Hierfür wurden Calzinat-Abformungen von Ober- und Unterkiefer hergestellt und sowohl die Anamnese als auch klinische Befunde dokumentiert. Fernröntgenseitenaufnahmen der Probanden existieren ab dem Alter von sechs Jahren. Diese Angaben wurden der Habilitationsschrift von Stahl entnommen (Stahl 2008). Sie bezieht sich dabei selbst auf die Angaben von Heckmann (1973), Heckmann (1975), Heckmann et al. (1974) und Klink-Heckmann und Fischer (1997).

Für die vorliegende Arbeit wurden Fernröntgenseitenaufnahmen von insgesamt 40 dieser Probanden zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um 21 weibliche und 19 männliche Personen, zu denen neben dem Geschlecht einzig das Geburtsdatum und das jeweilige Datum des Untersuchungstages vorliegen. Die Fernröntgenseitenbilder wurden größtenteils ab dem sechsten Lebensjahr, in meist jährlichen Abständen und maximal bis zum 25. Lebensjahr angefertigt.

Für das Jahr 1974 existieren aus technischen Gründen der Röntgenanlage so gut wie keine Aufnahmen, was erklärt, weshalb das 14. Lebensjahr der allermeisten Probanden in der Auswertung fehlt. In den Tabellen 1,2 und 3 sind nähere Angaben zur Verteilung nachzulesen. Im Jahr 1959 bedurfte es keiner Einwilligung einer Ethikkommission um diese röntgenologischen Untersuchungen durchzuführen, es genügte das Einverständnis der Eltern der Probanden. Heutzutage wäre dies einzig aus Forschungszwecken bei gesunden Probanden im Kindesalter rechtlich und ethisch höchstwahrscheinlich nicht möglich. Dies verleiht den Daten einen besonderen Wert, da man die einmalige Gelegenheit erhält, radiologisch basiert die schädelbezogenen Wachstumskurven einer gesunden Kohorte zu erstellen.

2.3. Probandenalter

Tabelle 1: Alter der weiblichen Probanden

Probandenzahl n = 21, da jedoch nicht für jedes Lebensjahr der Probanden eine FRS vorliegt, fällt die jeweilige Anzahl geringer aus. Alle errechneten Werte sind in Jahren angegeben. Im Probandenalter von 14 Jahren wurden keine Aufnahmen erstellt (grau hinterlegt).

Probanden- alter	Anzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
6	19	6,3	0,2	6,1	6,9
7	18	7,3	0,2	7,0	7,8
8	21	8,5	0,2	8,3	8,9
9	19	9,2	0,1	9,0	9,5
10	24	10,2	0,2	10,0	10,9
11	18	11,2	0,2	11,0	11,5
12	16	12,2	0,2	12,0	12,9
13	17	13,1	0,1	13,0	13,3
14	0	-	-	-	-
15	13	15,5	0,2	15,1	15,8
16	9	16,1	0,1	16,1	16,3
17	6	17,6	0,1	17,4	17,8
18	1	18,6	-	18,6	18,6
19	4	19,8	0,1	19,8	19,9
20	4	20,3	0,1	20,2	20,4
21	3	21,3	0,2	21,1	21,6
22	2	22,7	0,3	22,5	22,9
23	2	23,8	0,1	23,8	23,8
24	1	24,2	-	24,2	24,2

Tabelle 2: Alter der männlichen Probanden

Probandenzahl n = 19, da jedoch nicht für jedes Lebensjahr der Probanden eine FRS vorliegt, fällt die jeweilige Anzahl geringer aus. Alle errechneten Werte sind in Jahren angegeben. Im Probandenalter von 18, 19 und 22 Jahren wurden keine FRS aufgenommen (grau hinterlegt).

Probanden- alter	Anzahl	Mittelwert	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
6	16	6,3	0,1	6,2	6,7
7	15	7,3	0,1	7,1	7,6
8	17	8,5	0,2	8,2	8,8
9	14	9,3	0,1	9,1	9,5
10	17	10,1	0,1	10,0	10,3
11	16	11,1	0,1	11,0	11,3
12	16	12,2	0,2	12,0	12,9
13	15	13,2	0,2	13,0	13,6
14	2	14,4	0,2	14,2	14,6
15	14	15,4	0,1	15,2	15,8
16	11	16,1	0,1	16,0	16,3
17	10	17,5	0,1	17,4	17,6
18	0	-	-	-	-
19	0	-	-	-	-
20	8	20,4	0,2	20,2	20,7
21	7	21,3	0,1	21,1	21,5
22	0	-	-	-	-
23	5	23,5	0,3	23,2	23,9
24	1	24,3	-	24,3	24,3

2.4. Geschlechtsunterschiede

Tabelle 3: Geschlechtsunterschiede zwischen den Altersgruppen

Probandenzahl n = 40, da jedoch nicht für jedes Lebensjahr der Probanden eine FRS vorliegt, fällt die jeweilige Anzahl geringer aus.

Alter (in Jahren)	Anzahl (n)	Weiblich (n)	Männlich (n)
6	35	19	16
7	33	18	15
8	38	21	17
9	33	19	14
10	41	24	17
11	34	18	16
12	32	16	16
13	32	17	15
14	2	0	2
15	27	13	14
16	20	9	11
17	16	6	10
18	1	1	0
19	4	4	0
20	12	4	8
21	10	3	7
22	2	2	0
23	7	2	5
24	2	1	1

Im 15. Lebensjahr der Probanden wurden kaum FRS aufgenommen (siehe grau hinterlegte Zeile). Ab dem 18. Lebensjahr sinkt die Zahl der vorhandenen Aufnahmen generell stark ab.

2.5. Erstellung der Fernröntgenseitenaufnahmen

Die Aufnahmen wurden in der Radiologischen Abteilung der Rostocker Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde angefertigt. Die folgenden Daten sind ebenso aus der von Stahl 2008 veröffentlichten Habilitation zu entnehmen, da das Probandengut aus demselben Kollektiv stammt.

Zur Anfertigung der FRS verwendete man immer dasselbe Röntgengerät des Typs TUR D 300. Die Spannung betrug dabei 60-75 kV, der Fokus-Film-Abstand lag bei 330 cm und der Objekt-Film-Abstand war 22 cm groß. Da die Röntgenstrahlen nicht exakt parallel verlaufen, ist die Abbildung vergrößert. Bei dem vorliegenden Objekt-Film-Abstand von 22 cm wurde ein Vergrößerungsfaktor von 7,14 % ermittelt.

Zur Darstellung des Weichteilprofils wurde ein Aluminiumfilter eingesetzt. Beim Fernröntgen handelt es sich um eine seitliche Schädelaufnahme, mit einem Winkel von 90 ° zur Sagittalen. Deshalb wurden die Probanden wie folgt ausgerichtet: Sitzend mit natürlicher Kopfhaltung und habitueller Interkuspitation (zentrischer Okklusion). Filmebene und Medianebene wurden parallel zueinander eingestellt und der Zentralstrahl zwei Zentimeter hinter den lateralen Lidwinkel fokussiert. Zur Minimierung der Strahlenbelastung diente eine Bleischürze. (Stahl 2008)

2.6. Digitalisierung und Berechnung

Da auf den dieser Arbeit zugrunde liegenden FRS keine Skala abgebildet ist, musste eine Methode entwickelt werden, um die Ergebnisse in tatsächlichen Größenverhältnissen angeben zu können.

Die konventionell angefertigten Fernröntgenseitenaufnahmen wurden in Rostock digitalisiert, indem man sie in Graustufen mit jeweils 300 dpi (dots per inch) einscannete. Bei der Größe von 300 dpi handelt es sich um eine gängige Dimension. Sie ist dadurch definiert, dass 2,54 cm exakt 300 Pixel beinhalten. Für die vorliegende Arbeit wurden die Fernröntgenseitenaufnahmen als JPG-Dateien zur Verfügung gestellt. Weitere Bearbeitung fand über folgende Computerprogramme statt:

- Das Radiologieinformationssystem RadCentre (RIS)
der Firma i-SOLUTIONS health
- Das Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem (PACS)
- Das Computerprogramm Centricity Radiology RA 600 8.0
der Firma GE Healthcare

Die Aufnahmen wurden in die Datenbank der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen unter einem Pseudonym importiert. Zuvor haben wir die Bilder mit Hilfe des Programms Paint in zufälliger Reihenfolge nummeriert und eine entsprechende Liste zum Zweck der korrekten Zuordnung erstellt. Diese Maßnahmen dienen dem Datenschutz.

Da kein Zentimetermaß auf den FRS abgebildet ist, musste eine alternative Methode entwickelt werden, um originale Größenverhältnisse abmessen zu können:

Alle Messungen erfolgten mit dem Programm Centricity-Web. Das Programm misst in Pixel, welche in der vorliegenden Arbeit weiterhin als „Einheiten“ bezeichnet werden.

Möchte man Rückschluss auf die realen Proportionen der Versuchsteilnehmer machen, müssen zwei Schritte rückverfolgt werden. Zum einen die Digitalisierung der konventionellen Röntgenaufnahme zur JPG-Datei und zum anderen die leicht vergrößerte Abbildung der Probanden während der Anfertigung der Aufnahme. Zweites wird durch den Aufbau des verwendeten Röntgengerätes festgelegt und hängt von den Abständen Fokus-Film und Objekt-Film ab.

Die Variablen Auflösung (300 dpi) des digitalen FRS und Vergrößerungsfaktor (7,14 %) während der Entstehung der Röntgenaufnahme müssen also in der aufzustellenden Formel berücksichtigt werden (Stahl 2008). Unter der Verwendung dieser vorgegebenen Variablen konnte im Zuge der vorliegenden Arbeit die folgende Formel aufgestellt werden:

$$x_{1,2...n} = \frac{a_{1,2...n} * 25,4 \text{ mm} * 100 \%}{300 \text{ dpi} * 107,14 \%}$$

$x_{1,2...n}$	Messwert in Millimeter (zu ermittelnder Wert)
$a_{1,2...n}$	Messwert in Pixel („Einheiten“)
	Messgröße der Programm Centricity web
300 <i>dpi</i>	Auflösung des digitalisierten FRS (dots per inch) festgelegt durch den Scanvorgang der konventionellen Aufnahme
$\frac{25,4 \text{ mm}}{300 \text{ dpi}}$	Faktor 25,4 mm - bei 300 dpi beinhalten 25,4 mm per Definition 300 Pixel
$\frac{100 \%}{107,14 \%}$	Vergrößerungsfaktor von 7,14 % festgelegt durch Film – Objekt - Fokusabstand

Formt man die Gleichung nach a um und setzt $x = 1 \text{ mm}$ ein, so kann man sagen, dass gerundet 12,7 (12,654) gemessene Pixel (Einheiten) einem Millimeter realer Probandengröße entsprechen.

Die Messungen nahm immer dieselbe Person vor - die Punktauswahl war damit benutzerdefiniert und erfolgte am Bildschirm. Hierfür wurde stets derselbe hierfür geeignete Computer mit immer gleich eingestelltem Befundungsbildschirm in einem abgedunkelten Raum verwendet. Dies setzt die immer gleichen Bedingungen voraus und minimiert Methodenfehler. Helligkeit, Kontrast und Abbildungsgröße konnten innerhalb des Computerprogramms dahingehend verändert werden, dass eine genauere Ermittlung der Lage der zu bestimmenden Punkte möglich war.

Die Bestimmung des Posterior Airway Space (PAS) stützt sich auf Punkte und Ebenen aus der Kephalometrie. Die genaue Methode wurde durch die Betreuer dieser Arbeit festgelegt und ist mit der Literatur vergleichbar. Für jeden Untersuchungszeitpunkt wurden insgesamt neun Messstrecken bestimmt. Kephalometrische Bezugspunkte und -ebenen bilden dabei (wie in den Abbildungen 1,2,3 und 4 ersichtlich und in den Tabellen 4,5,6 und 7 näher beschrieben) die Grundlage für die Messungen des PAS. Bei aufgetretenen Doppelkonturen bilateral anatomischer Strukturen wurden jeweils die Mitten verwendet.

2.7. Fernröntgenseitenanalyse

2.7.1 Röntgenkephalometrische Bezugspunkte

Tabelle 4: Röntgenkephalometrische Bezugspunkte

Abkürzung	Begriff	Definition
Spa	Spina nasalis anterior	Ventralster Punkt der Spina nasalis anterior
Spp	Spina nasalis posterior	Dorsalster Punkt des knöchernen Gaumens
lis	Incision superior	Schneidekantenprominenz des am ventralsten stehenden oberen Inzisivus
lss	Incision inferior	Schneidekantenprominenz des am ventralsten stehenden unteren Inzisivus
hPOcP		Hinterer Punkt des Okklusal-Planums: Distalster Kontaktpunkt der ersten Molaren während der Okklusion
B	B-Punkt	Supramentale; tiefste Stelle der Einziehung des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes; ventralster Punkt der apikalen Basis
Me	Menton	In der Median-Sagittal-Ebene am kaudalsten gelegener Punkt der Unterkiefersymphyse
ar	Articulare	Projizierter Schnittpunkt der Hinterkante des Ramus ascendens mit der Schädelbasis
T1	Tangenten-Punkt 1	Dorsalster Punkt des Ramus ascendens in Kieferwinkel-Nähe
T2	Tangenten-Punkt 2	Kaudalster Punkt des Ramus ascendens in Kieferwinkel-Nähe
Go	Gonion	Konstruierter Punkt: Schnittpunkt des Mandibularplanums (Me-T2) mit der dorsalen Ramuslinie (ar-T1)

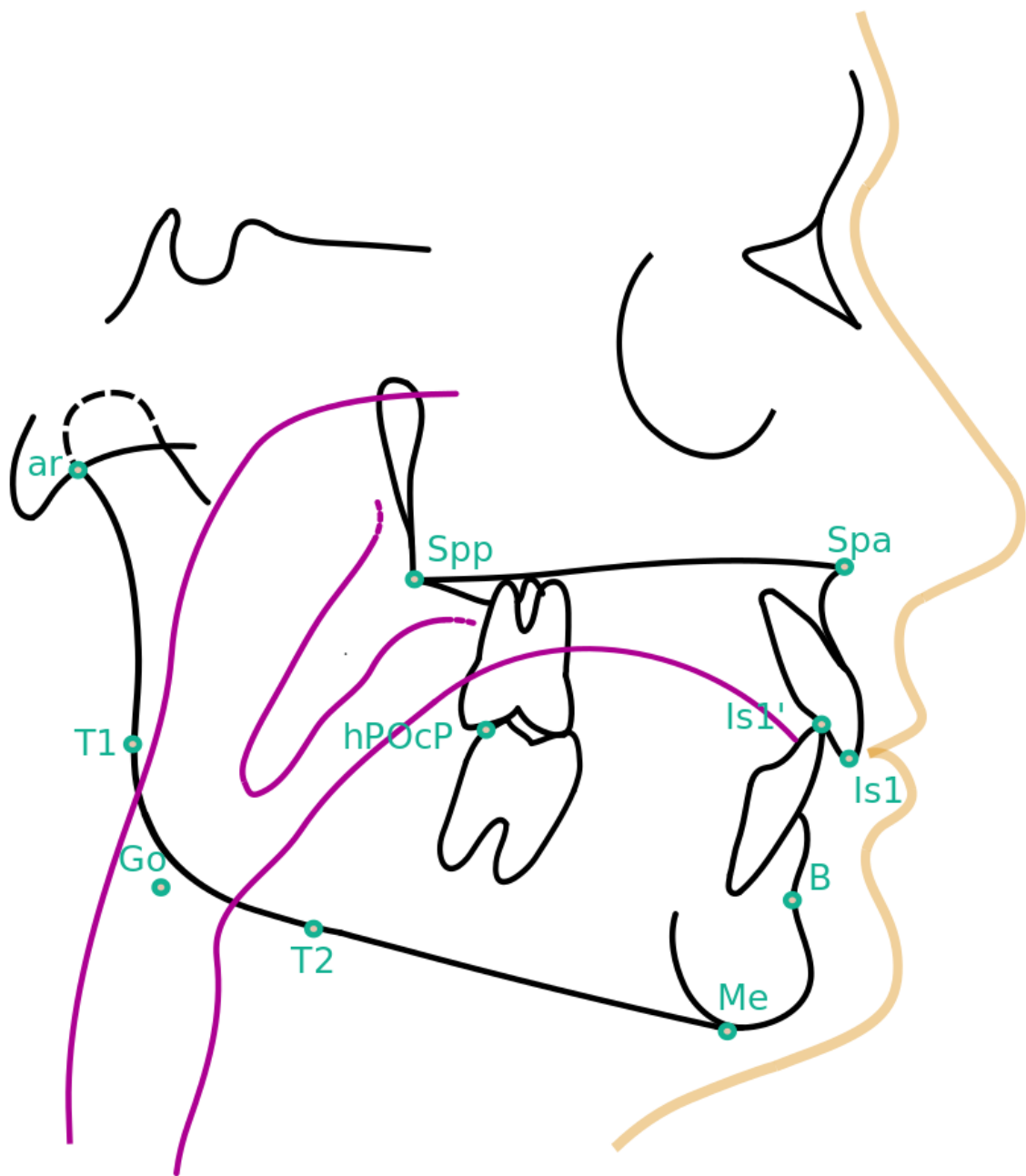


Abbildung 1: Röntgenkephalometrische Bezugspunkte

Alle Abbildungen dieser Form stellen Skizzen dar und wurden von der Autorin dieser Studie mit dem Programm Inkscape erstellt. Die Verwendung unterschiedlicher Farben dient der Übersicht.

2.7.2 Röntgenkephalometrische Bezugsebenen

Tabelle 5: Röntgenkephalometrische Bezugsebenen

Abkürzung	Begriff	Definition
SpP	Spinalplanum	Oberkiefergrundebene (Spa-Spp)
OcP	Okklusalplanum	Ebene, konstruiert aus dem Punkt hPOcP und der Halbierenden des frontalen Überbisses aus den Punkten lis und Iss
B-Go		Ebene, konstruiert aus Basion und Gonion
Me-Go	Mandibularplanum	Unterkiefergrundebene
P1-Ebene		Ebene, konstruiert aus der Verlängerung der Uvula-Dicke (in der Sagittalen), senkrecht zur Uvula-Länge

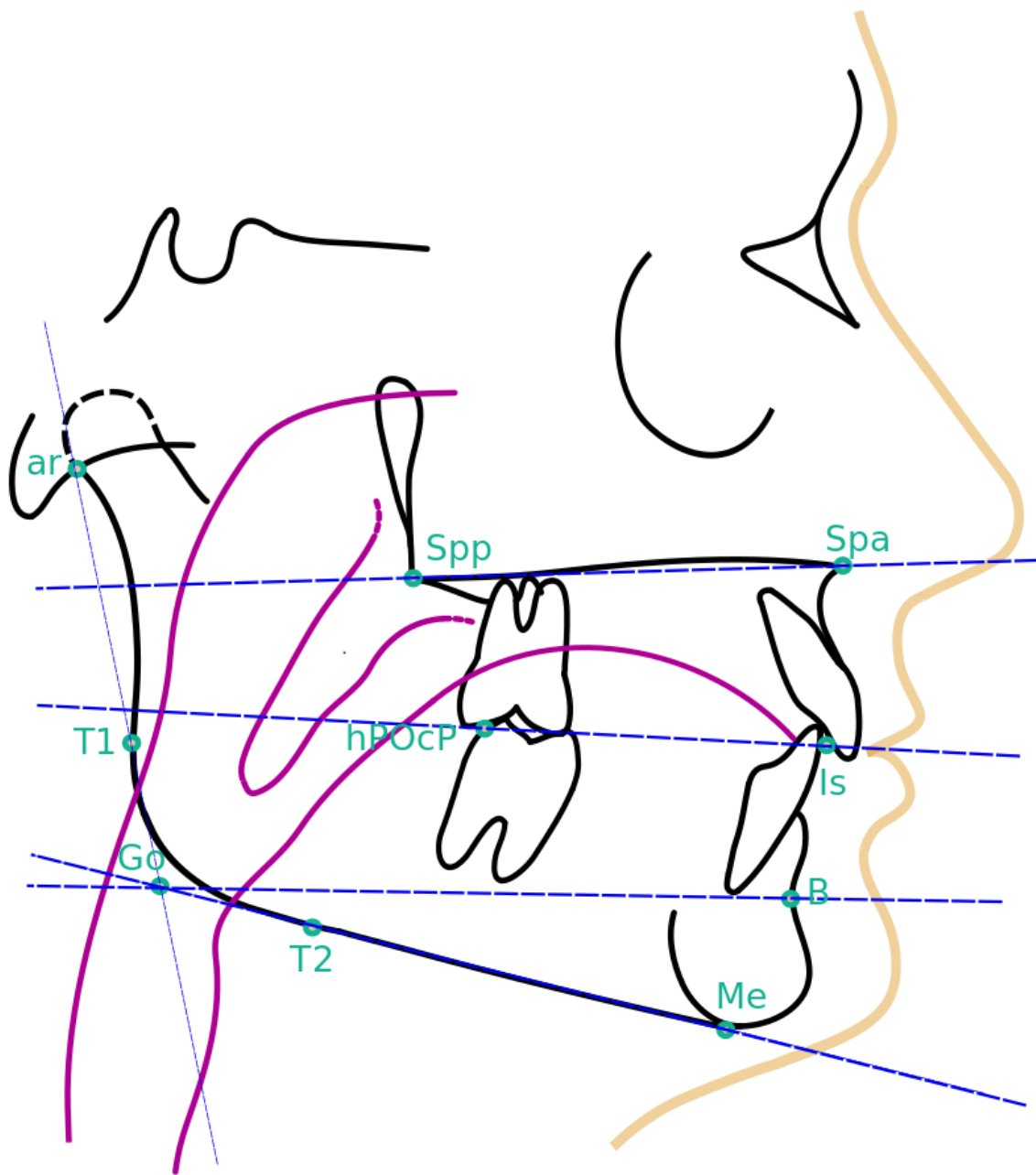


Abbildung 2: Röntgenkephalometrische Bezugsebenen

2.7.3 Messpunkte dieser Studie

Tabelle 6: Messpunkte dieser Studie

Punktbenennung: P = Schnittpunkt zur Vermessung des PAS, Pu = Schnittpunkt zur Vermessung der Uvula, a = anterior, p = posterior, 1...6 = Nummerierung der Punkte, 3' = Hinweis auf Teilstrecke

Abkürzung	Definition
aP1	Schnittpunkt der Ebene des Spinalplanums mit dem Hinterrand der Uvula
pP1	Schnittpunkt der Ebene des Spinalplanums mit dem Hinterrand des Pharynx
Pu1	Punkt am Vorderrand der Uvula, an ihrer dicksten Stelle
Pu2	Kaudalster Punkt der Uvula
aP2	Schnittpunkt der P1-Ebene mit dem Hinterrand der Uvula
pP2	Schnittpunkt der P1-Ebene mit dem Hinterrand des Pharynx
aP3	Schnittpunkt der Ebene des Okklusalplanums mit dem Vorderrand des Pharynx (entspricht Zungengrund)
aP3'	Schnittpunkt der Ebene des Okklusalplanums mit dem Hinterrand der Uvula
pP3	Schnittpunkt der Ebene des Okklusalplanums mit dem Hinterrand des Pharynx
aP4	Schnittpunkt der Ebene B-Go mit dem Vorderrand des Pharynx
pP4	Schnittpunkt der Ebene B-Go mit dem Hinterrand des Pharynx
aP5	Schnittpunkt der Ebene des Mandibularplanums mit dem Vorderrand des Pharynx
pP5	Schnittpunkt der Ebene des Mandibularplanums mit dem Hinterrand des Pharynx
aP6	Anteriorer Punkt an der schmalsten Stelle des Pharynx oberhalb der Epiglottis
pP6	Posteriorer Punkt an der schmalsten Stelle des Pharynx oberhalb der Epiglottis

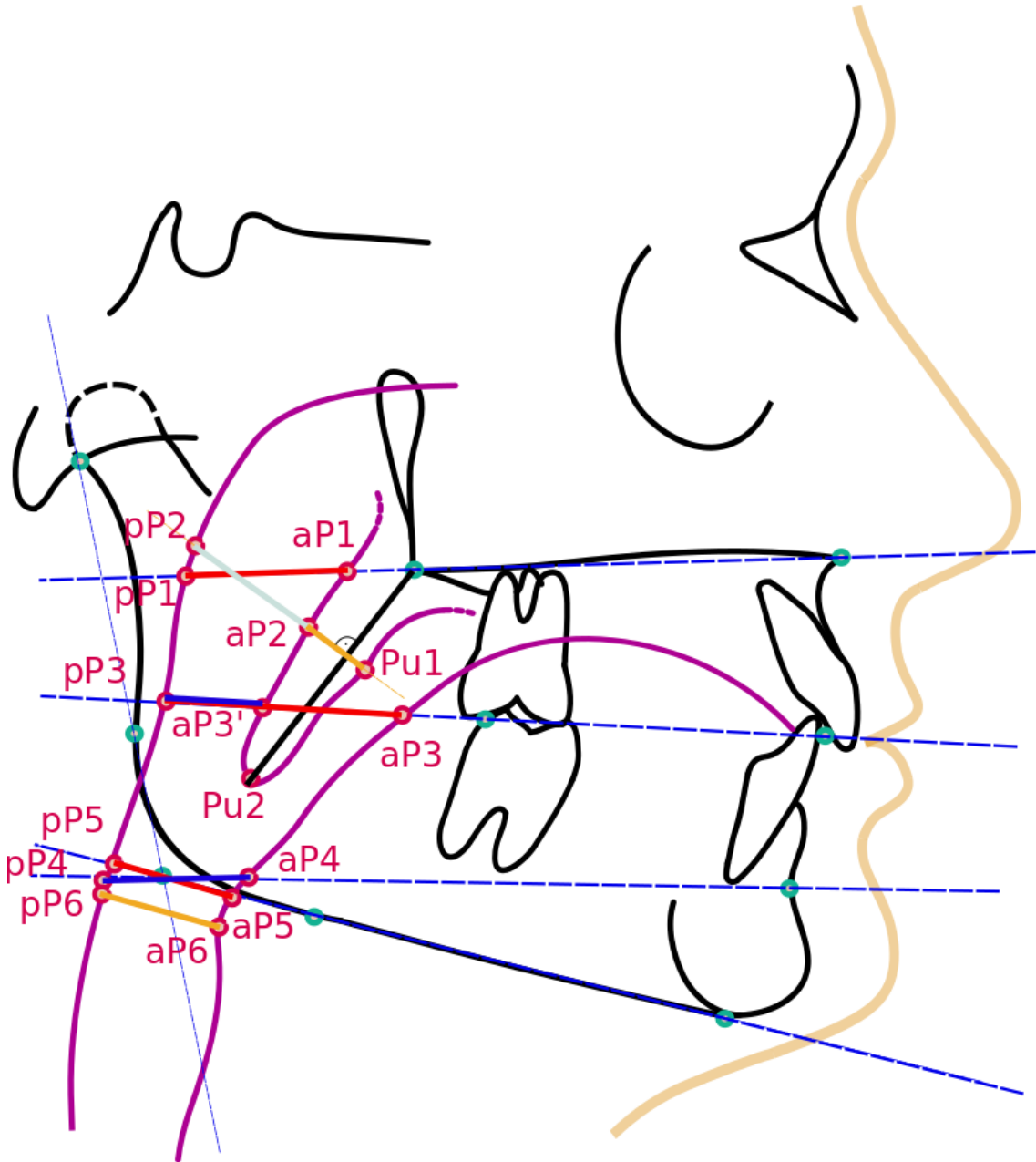


Abbildung 3: Messpunkte dieser Studie

2.7.4 Messstrecken dieser Studie

Tabelle 7: Messstrecken dieser Studie

Kürzel	Bezeichnung	Definition
P1	PASspa-spp	Strecke aP1 - pP1, Posterior Airway Space in der Sagittalen auf Höhe des Spinaplanums
Pu2	UvulaL	Strecke Spp - Pu2, Uvula-Länge
Pu1	UvulaB	Strecke Pu1 - aP2, maximale Uvula-Dicke, in senkrechter Ausrichtung zur Uvula-Länge
P2	PASpost	Strecke aP2 - pP2, Posterior Airway Space in Verlängerung der Ebene der größten Uvula-Dicke
P3	PASooc1	Strecke aP3 - pP3, Posterior Airway Space in der Sagittalen auf Höhe der Okklusionsebene
P3'	PASocc2	Strecke aP3' - pP3, Posterior Airway Space in der Sagittalen auf Höhe der Okklusionsebene
P4	PASb-go	Strecke aP4 - pP4, Posterior Airway Space in der Sagittalen auf Höhe Strecke B-go
P5	PASme-go	Strecke aP5 - pP5, Posterior Airway Space in der Sagittalen auf Höhe des Mandibularplanums
P6	PASmin	Strecke aP6 - pP6, Posterior Airway Space der schmalsten Stelle direkt oberhalb der Epiglottis

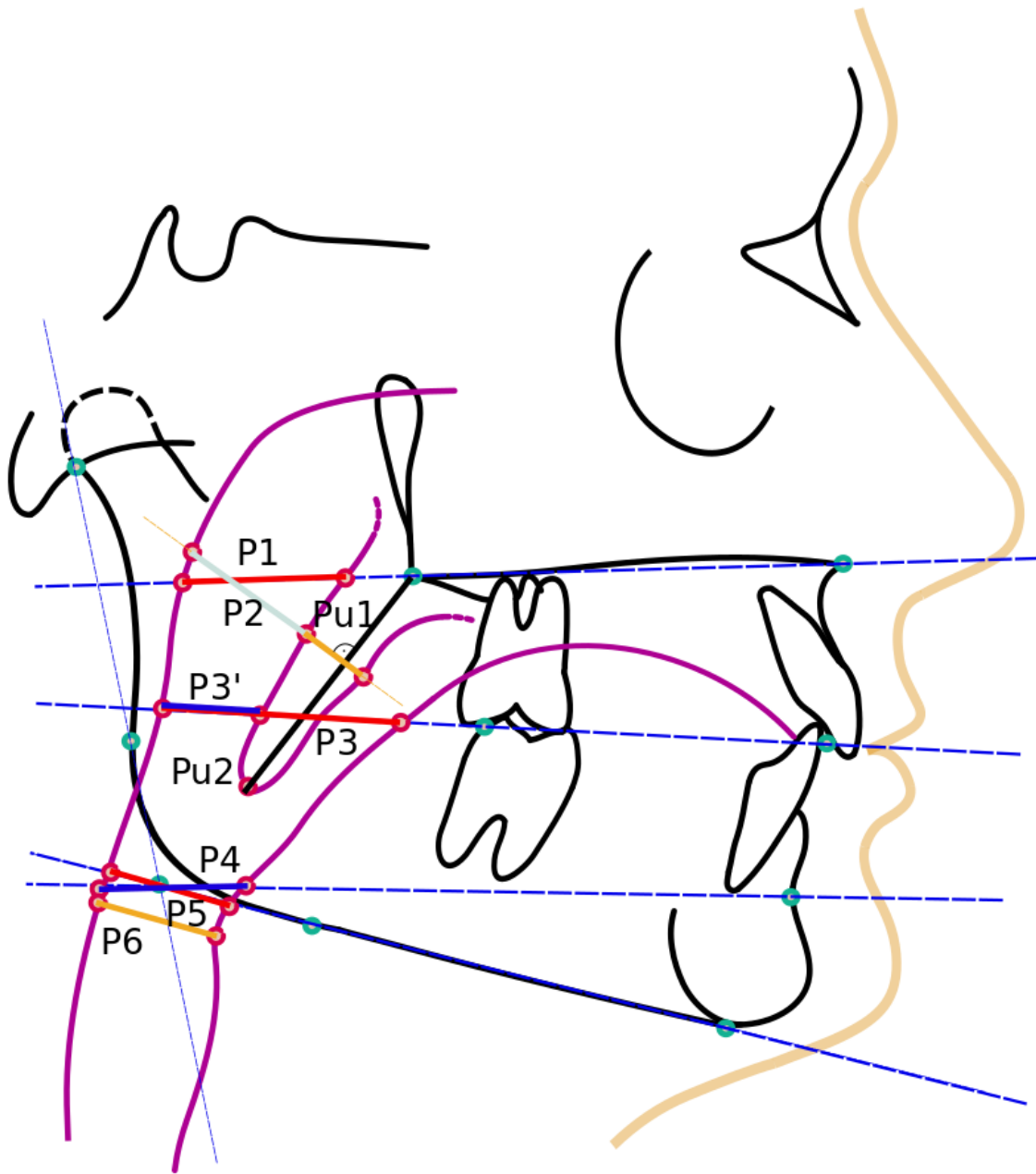


Abbildung 4: Messstrecken dieser Studie

2.8. Methodenfehler

Das Prüfverfahren beruht aus zwei Abschnitten und soll als Nachweis für die Messgenauigkeit dienen: Für beide Verfahren wurde eine Fernröntgenseitenaufnahme eines Probanden zufällig ausgewählt. Nach Prüfung der Abbildungsqualität konnte diese zur Ermittlung des Methodenfehlers herangezogen werden. Im ersten Teil wurde die ausgewählte Aufnahme unabhängig voneinander zehnmal direkt in Folge vermessen. Im zweiten Teil hat man die Aufnahme an zehn aufeinander folgenden Messtagen nochmals unabhängig voneinander ausgewertet. Aus den so ermittelten Werten wurden für Teil eins und zwei jeweils eine Tabelle erstellt und mittels dem Programm Excel der Variationskoeffizient für die neun Messstrecken errechnet. Ein Variationskoeffizient von $v_{1,2...9} \leq 0,05$ soll als „genau“ eingestuft werden. Die Ergebnisse zeigen $v_{1,2...9} = 0,01$ bis $v_{1,2...9} = 0,03$. Der Mittelwert liegt dabei sowohl bei Test eins, als auch Test zwei bei $\bar{v} = 0,0178$. Alle errechneten werte sind im Anhang auf Seite 132 nachzulesen.

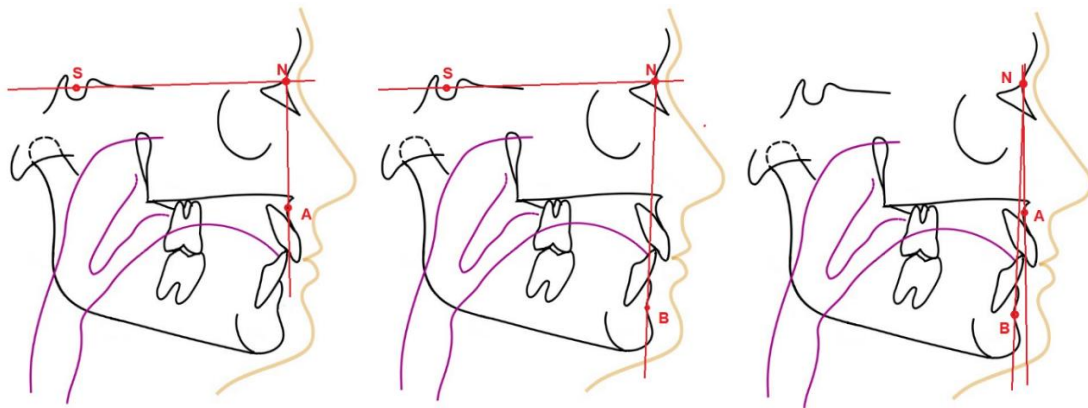
2.9. Nachträgliche Eingrenzung der Probandenauswahl

Alle vorliegenden FRS-Aufnahmen stammen aus der Rostocker Wachstumsstudie. Es handelt sich dabei um Daten gesunder Probanden. Um auszuschließen, dass die Probanden stärkere Dysgnathien aufweisen, also ein orthognathes Schädelwachstum besitzen, wurden drei Winkel aus der Kephalometrie - SNA, SNB und ANB - gemessen.

Der SNA-Winkel wird in der Fernröntgenseitenaufnahme durch die beiden Strecken Sella-Nasion und Nasion-A-Punkt gebildet. Durch die Ermittlung dieses Wertes kann eine Aussage über die sagittale Lagebeziehung des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis getroffen werden. Der SNB-Winkel bedient sich ebenfalls der Strecke von Sella zu Nasion, wird aber bis zur Verbindungslinie von Nasion zum B-Punkt gemessen. Er dient der Bestimmung der Unterkieferlage in Bezug zur vorderen Schädelbasis. Der ANB-Winkel wird aus der Differenz der beiden Winkel gebildet und lässt sich demnach auch aus den Strecken Nasion-A-Punkt

und Nasion-B-Punkt konstruieren. Er kann sowohl positive, als auch negative Werte annehmen und gibt die sagittale Lagebeziehung zwischen Unter- und Oberkiefer wieder. (Segner und Hasund 2003)

Abbildung 5: Die Winkel SNA, SNB und ANB



Es wurde sich an den Kriterien nach Segner und Hasund orientiert (Segner und Hasund 2003):

$$79^\circ < \text{SNA} < 85^\circ$$

$$77^\circ < \text{SNB} < 83^\circ$$

$$0^\circ < \text{ANB} < 4^\circ$$

In Hinblick auf die Ausführungen von Segner und Hasund wurde hierbei den richtigen Proportionen eine höhere Bedeutung beigemessen, als der Lage von Ober- oder Unterkiefer separat betrachtet. Die folgende Auswahl der Daten wurde deshalb vor allem anhand des ANB bestimmt.

Segner und Hasund führten 2003 weiterhin aus, dass bei einem retrognathen Gesicht der gemessene ANB-Winkel kleiner ausfällt und bei einem prognathen Gesicht größer. Der Unterschied kann jeweils +/- 2° betragen. (Segner und Hasund 2003). Lag innerhalb dieser Studie aufgrund der Messungen von SNA und SNB einer dieser Fälle vor, wurden folgende Auswahlkriterien für den ANB entsprechend erweitert:

Bei großem SNA:

$$2^\circ < \text{ANB} < 6^\circ$$

Bei großem SNB:

$$-2^\circ < \text{ANB} < 2^\circ$$

(Segner und Hasund 2003)

Die Messungen wurden mit dem Programm Centricity-Web vorgenommen.

Von jedem Probanden wurde hierfür eine FRS-Aufnahme herangezogen. Auswahlkriterium für die Auswahl der Aufnahme war eine gute Bildqualität. Zudem sollte der Proband zum Zeitpunkt der Aufnahme zwischen neun und elf Jahre alt gewesen sein.

Bei der Auswertung der Messungen wurde größerer Wert auf den ANB-Winkel gelegt als auf SNA und SNB. Anhand der Ergebnisse wurden zwei Probanden mit einem hohen ANB-Wert von 8° aus der weiteren Wertung genommen. Dies betraf sowohl die Daten einer weiblichen als auch die eines männlichen Probanden. Vier weitere Datensätze wurden als Grenzfälle vorerst beibehalten. Die ANB-Werte lagen hier zwischen 6° und $6,7^\circ$. Die ermittelnden Werte sind in der dazugehörigen Tabelle im Anhang 143 zu finden.

2.10. Selektion der Messdatengrundlage

Leider liegt nicht für jedes Lebensjahr der Probanden eine Röntgenaufnahme vor. Dies wird schon aus der auf Seite 143 aufgeführten Tabellen ersichtlich. Die ersten Aufnahmen wurden bei einigen Probanden schon im Alter von sechs Jahren angefertigt. Bis zu deren 13. Lebensjahr sind relativ viele Aufnahmen pro Jahr vorhanden, danach nimmt die Anzahl sehr stark ab. Also liegen auch nicht für jeden Probanden gleich viele Aufnahmen vor, was sicherlich auch ein Ungleichgewicht bei der Auswertung zur Folge hätte.

Hierdurch entsteht die Problematik, dass die Datengrundlage nicht homogen und damit schwerer vergleichbar ist. Es musste eine Methode gefunden werden, um diese zu strukturieren. Erst danach konnten die Messdaten erfolgreich statistisch ausgewertet werden.

Benötigt wurde eine Methode, um die Aufnahmen so zu strukturieren beziehungsweise auszusortieren, dass sie den gleichen Kriterien entsprechen. Um dies zu gewährleisten, bezog man sich auf die CVM-Methode - zu Englisch „Cervical vertebral maturation“. Hierbei ermittelt man die Wirbelkörperreifestadien, die anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen bestimmt werden können.

Dies ist eine heutzutage gängige Methode in der Kieferorthopädie, um das skeletale Alter von Patienten näher bestimmen zu können.

Franchi und Baccetti teilen das mandibuläre Wachstum anhand der Wirbelkörperkonfiguration in sechs Stadien ein (Baccetti et al. 2002). Die folgende Definition nach Verhofstadt, beschreibt diese sechs Stadien passend:

- „CVS 1 - Die inferiore Begrenzung aller Wirbelkörper ist flach.
- CVS 2 - Die inferiore Begrenzung des 2. Wirbelkörpers entwickelt eine Konkavität.
- CVS 3 - Die inferiore Begrenzung des 3. Wirbelkörpers entwickelt eine Konkavität.
- CVS 4 - Die inferiore Begrenzung des 4. Wirbelkörpers entwickelt eine Konkavität. Die Wirbelkörper C3 und C4 sind rechteckig geformt.
- CVS 5 - Die inferioren Begrenzungen aller Wirbelkörper sind konkav. Die Wirbelkörper sind fast viereckig und der Raum zwischen den Wirbeln verringert sich.
- CVS 6 - Alle Wirbel haben tiefe Konkavitäten und sind in vertikaler Richtung rechteckig.“ (Verhofstadt 2011)

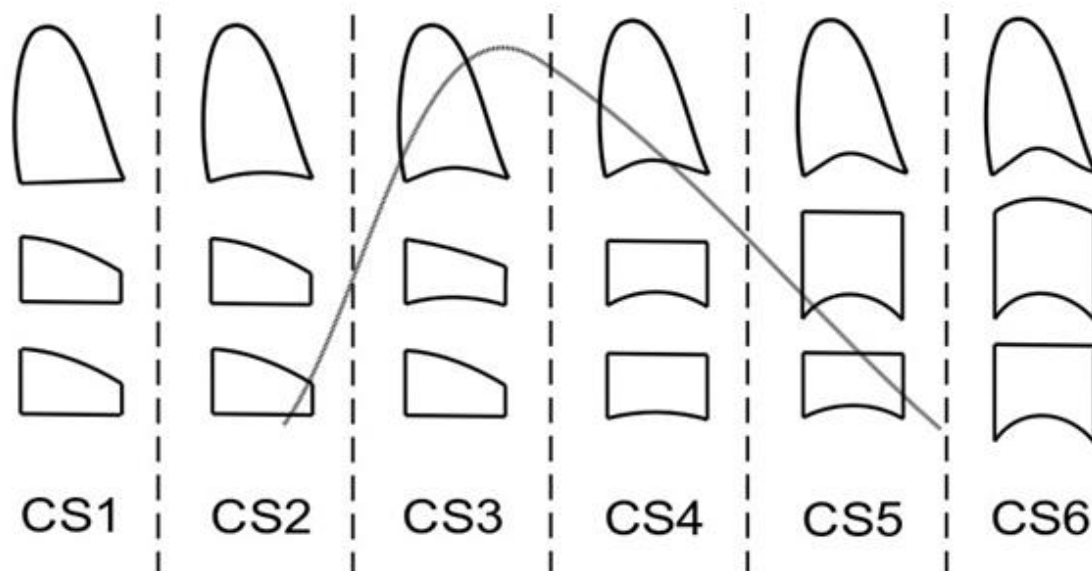


Abbildung 6: Cervical Vertebral Maturation

Stadien CS1 bis CS6 und Kurve für die Wachstumsgeschwindigkeit der Mandibula nach Franchi und Baccetti

Die Skizzen dieser Art wurde von der Autorin dieser Arbeit mit dem Computerprogramm Inkscape erstellt. Dargestellt ist die Form der oberen Wirbelkörper in verschiedenen Wachstumsphasen, welche als CS1 bis CS6 benannt sind. Die eingezeichnete Kurve beschreibt das Unterkieferwachstum mit seinem Zenit in den Phasen CS3 und CS4.

Ziel war es nun, für jeden Probanden drei Fernröntgenseitenaufnahmen auszuwählen (t1,t2,t3). Kriterien für die Auswahl waren:

- Für t1 sollte der Proband ca. sieben Jahre alt gewesen sein und sich in der CS1-Phase befunden haben. Man kann also davon ausgehen, dass sich der Proband zu dieser Zeit in der ersten Wechselgebissphase befand, auch wenn bekannterweise das dentale Alter nicht immer exakt dem skelettalen entspricht.
- Für t2 sollte der Proband ca. neun bis neuneinhalb Jahre alt gewesen sein und sich in der CS2-Phase befunden haben. Dies entspricht in etwa dem Zeitpunkt vor der zweiten Wechselgebissphase.
- Für t3 sollte der Proband das Alter von ca. zwölf bis dreizehn Jahren aufweisen können und. Augenmerk liegt hier auf dem pubertären Wachstumsschub, welcher durch die Phasen CS3 und CS4 identifiziert werden kann. Der Proband befindet sich höchstwahrscheinlich in der zweiten Wechselgebissphase.

Weitere Kriterien für die Auswahl der Aufnahmen waren zudem die Bildqualität und die abgebildeten Bereiche, denn nicht auf allen Aufnahmen ist gleich viel von der Wirbelsäule der Probanden sichtbar.

Zudem waren folgende Informationen von Bedeutung:

- Mädchen haben ihr stärkstes Wachstum durchschnittlich mit 12 Jahren, Jungen etwa mit 14 Jahren. Die Mädchen sind im Schnitt also ca. 2 Jahre früher dran als die Jungen. (Stöckli 2001)
- Abgeschlossenes Wachstum ist für gewöhnlich zu finden:
Bei den Mädchen mit ca. 15-17 Jahren und bei den Jungen mit ca. 17-18 Jahren. (Stöckli 2001)

- Das skelettale Alter muss nicht mit dem chronologischen oder dentalen Alter übereinstimmen. (Schopf 2008)

Für den Probanden mit der Anonymisierung „H36“ lagen zu wenige (und auch nicht für jede Wachstumsphase) eine FRS vor, weshalb hier keine Kategorisierung durchgeführt werden konnte. Aus diesem Grund werden die betreffenden Messergebnisse nicht mit in die weitere Auswertung einbezogen.

Alle für diese Arbeit gemessenen Werte für den PAS und die Uvula können den Tabellen im Anhang auf den Seiten 133 bis 142 entnommen werden. Die Tabellen im Anhang auf den Seiten 144 bis 147 geben ausschließlich die Messdaten nach der Selektion anhand der CVM-Kriterien mit der Einteilung in die Gruppen t1, t2 und t3 wieder. Die Werte für den Probanden H36 werden hier schon nicht mehr aufgeführt.

Die Angaben sind in Einheiten und umgerechnet in Millimeter zu entnehmen. Außerdem werden die jeweiligen Minimal-, Maximal- und Mittelwerte, sowie die Standardabweichung genannt. Zudem sind die Wachstumsraten zwischen den einzelnen Zeitpunkten ermittelt worden. Alle Berechnungen zu diesen Tabellen wurden in dem Programm Excel vorgenommen.

2.11. Auswertung

Die Messdaten wurden im ersten Schritt mit Hilfe von Boxplots visuell dargestellt und anschließend mittels deskriptiver Statistiken ausgewertet und in Tabellen veranschaulicht. Danach wurden die Ergebnisse auf Normalverteilung getestet. Dies geschah sowohl geschlechterübergreifend als auch separat für weibliche und männliche Probanden. Verarbeitet wurden die Daten sowohl mit den Statistikprogrammen JMP und auch SPSS, was eine direkte Kontrolle der Korrektheit zulässt. Hierfür wurde in beiden Programmen der Shapiro-Wilk-Test verwendet.

Als nächster Schritt konnte eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung durchgeführt werden. Dies wurde auch für jede Strecke einzeln wiederholt. Dabei dienten die drei Zeitpunkte t1, t2 und t3 als

Innersubjektfaktor und das Geschlecht als Zwischensubjektfaktor. Dies soll klären, welche Faktoren signifikanten Einfluss auf die Größe des PAS haben könnten. Mittels post-hoc-Tests mit Bonferroni Korrektur wurden anschließend paarweise Vergleiche vorgenommen. Hiermit sollte aufgezeigt werden, ob signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern und zwischen den Zeitpunkten bestehen. Im Diskussionsteil ist die Fehleranalyse zur statistischen Auswertung zu finden.

3. Ergebnisse

Alle dieser Arbeit zugrundeliegenden Messdaten an dieser Stelle aufzuführen, würde den Rahmen sprengen. Aus diesem Grund wurden Sie als Anhänge angefügt und sind auf den Seiten 133 bis 142 nachzulesen.

Die Strukturierung der Daten erfolgte in zwei Schritten:

1) Ausschluss größerer kephalometrischer Abweichungen:

Die kephalometrische Ermittlung der Winkelgrößen von SNA, SNB und ANB, ergab für zwei Probanden (H21 (m) und H22 (w)) eine zu große Abweichung von der Norm, weshalb deren Messdaten für die weitere Auswertung aussortiert wurden. Die Methodik wird auf den Seiten 49 bis 51 ausführlich erläutert. Die Messdaten sind im Anhang auf Seite 143 zu finden.

2) Strukturierung nach Wachstumsphase:

Mit Hilfe der CVM-Methode (Cervical Vertebral Maturation) wurde je Proband immer eine FRS-Aufnahme passend zu einer definierten Wachstumsphase ausgewählt. Genau erklärt wird dieses Verfahren auf den Seiten 51 bis 54. Die Ergebnisse können im Anhang auf den Seiten 144 bis 147 nachgelesen werden. Für einen männlichen Probanden (H36) liegt für die dritte Wachstumsphase keine Aufnahme vor, weshalb diese Daten weiterhin ebenfalls nicht berücksichtigt werden.

In der statistischen Auswertung werden folglich die Messdaten von 37 Probanden (20 weiblichen und 17 männlichen) ausgewertet und je Studienteilnehmer drei Aufnahmen, die definierten Kriterien entsprechen, herangezogen.

3.1. Deskriptive Statistik

In der folgenden Tabelle werden Mittelwert, Standardabweichung und Probandenanzahl je Strecke, Zeitpunkt und Geschlecht aufgeführt. Die Werte wurden mittels der Software Excel ermittelt und sind gerundet.

Da das Programm Centricity-Web in Einheiten misst, sind Mittelwert und Standardabweichung sowohl in ihrer ursprünglichen Form, als auch in realen Proportionen [mm] angegeben. Die Umrechnung in Millimeter erfolgte dabei über die in der Methodik genau beschriebene Formel:

$$x_{1,2...n} = \frac{a_{1,2...n} * 25,4 \text{ mm} * 100 \%}{300 \text{ dpi} * 107,14 \%}$$

Tabelle 8: Deskriptive Statistik

Die erste Spalte beschreibt die jeweils einzelnen Strecken zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3. M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, N = Anzahl. E = Im Computerprogramm gemessene Einheiten. Die angegebenen Einheiten entsprechen derselben Anzahl an Pixeln.

Strecke je Zeitpunkt	Geschlecht	M	SD	M	SD	N
		[E]	[E]	[mm]	[mm]	
PASspa-spp_t1	m	144	43	11,4	3,4	17
	w	139	44	11,0	3,5	20
	Gesamt	141	43	11,2	3,4	37
PASspa-spp_t2	m	203	47	16,0	3,7	17
	w	161	32	12,1	2,5	19
	Gesamt	181	44	14,3	3,5	36
PASspa-spp_t3	m	226	43	17,8	3,4	17
	w	190	37	15,0	2,9	20
	Gesamt	206	43	16,3	3,4	37
PASocc1_t1	m	231	23	18,3	1,8	17
	w	240	31	19,0	2,5	20
	Gesamt	236	28	18,7	2,2	37
PASocc1_t2	m	260	26	20,5	2,1	17
	w	260	42	20,6	3,3	20
	Gesamt	260	35	20,6	2,8	37

PASocc1_t3	m	258	33	20,4	2,6	16
	w	269	45	21,3	3,6	20
	Gesamt	264	40	20,9	3,2	36
PASocc2_t1	m	105	27	8,3	2,1	17
	w	116	28	9,2	2,2	20
	Gesamt	111	28	8,8	2,2	37
PASocc2_t2	m	128	22	10,1	1,8	17
	w	133	29	10,5	2,3	20
	Gesamt	131	26	10,4	2,1	37
PASocc2_t3	m	146	37	11,5	2,9	17
	w	142	32	11,3	2,5	20
	Gesamt	144	34	11,4	2,7	37
PASme-go_t1	m	133	32	10,5	2,5	17
	w	145	45	11,5	3,6	20
	Gesamt	140	40	11,0	3,1	37
PASme-go_t2	m	162	31	12,8	2,4	17
	w	179	45	14,1	3,6	20
	Gesamt	171	40	13,5	3,1	37
PASme-go_t3	m	190	32	15,0	2,5	17
	w	181	44	14,3	3,5	20
	Gesamt	185	39	14,7	3,1	37
PASb-go_t1	m	132	34	10,4	2,7	17
	w	145	46	11,5	3,6	20
	Gesamt	139	41	11,0	3,2	37
PASb-go_t2	m	164	32	12,9	2,6	17
	w	180	48	14,2	3,8	20
	Gesamt	173	42	13,6	3,3	37
PASb-go_t3	m	196	37	15,5	2,9	17
	w	187	44	14,8	3,5	20
	Gesamt	191	41	15,1	3,2	37
UvulaL_t1	m	314	35	24,8	2,8	16
	w	307	27	24,3	2,1	19
	Gesamt	310	31	24,5	2,4	35
UvulaL_t2	m	326	41	25,8	3,2	17
	w	311	25	24,6	1,9	20
	Gesamt	318	34	25,1	2,6	37
UvulaL_t3	m	356	40	28,1	3,2	17
	w	338	32	26,7	2,5	20
	Gesamt	346	36	27,3	2,9	37

UvulaB_t1	m	97	16	7,6	1,2	17
	w	91	10	7,2	0,8	20
	Gesamt	94	13	7,4	1,0	37
UvulaB_t2	m	91	14	7,2	1,1	17
	w	92	12	7,2	1,0	20
	Gesamt	91	13	7,2	1,0	37
UvulaB_t3	m	98	17	7,7	1,4	17
	w	95	10	7,5	0,8	20
	Gesamt	97	14	7,6	1,1	37
PASpost_t1	m	91	26	7,2	2,1	17
	w	79	25	6,2	2,0	20
	Gesamt	85	26	6,7	2,1	37
PASpost_t2	m	128	31	10,1	2,4	17
	w	99	34	7,8	2,7	20
	Gesamt	112	35	8,9	2,8	37
PASpost_t3	m	152	37	12,0	2,9	17
	w	128	36	10,1	2,8	20
	Gesamt	139	38	11,0	3,0	37
PASmin_t1	m	92	37	7,2	2,9	17
	w	117	50	9,3	4,0	20
	Gesamt	105	46	8,3	3,6	37
PASmin_t2	m	137	38	10,9	3,0	17
	w	161	44	12,7	3,7	20
	Gesamt	150	43	11,8	3,4	37
PASmin_t3	m	172	36	13,6	2,8	17
	w	156	50	12,4	3,9	20
	Gesamt	164	44	12,9	3,5	37

Auf Höhe des Spinaplanums (PASspa-spp) hat sich die sagittale Tiefe des PAS vom Zeitpunkt t1 bis zum Zeitpunkt t3 im Schnitt von 11.2 mm auf 16.3 mm vergrößert. Dies entspricht einer Größenzunahme von 5.1 mm im gemessenen Zeitraum. Betrachtet man nur die weiblichen Probanden, so ist für den Zeitraum t1 - t3 ein Größenunterschied von 4.0 mm zu verzeichnen. Gestiegen sind die Messwerte von 11.0 mm für t1 auf 15.0 mm für t3. Bei den männlichen Probanden konnte bei einem Anfangswert von t1 = 11.4 mm zur letzten ausgewählten Messung mit 17.8 mm eine Differenz von 6.4 mm ermittelt werden.

Auf der Okklusionsebene wurden zwei Abschnitte gemessen. Für die Strecke PASocc1 beträgt die gemessene Tiefe geschlechterübergreifend erst 18.7 mm und später 20.9 mm. Bei den weiblichen Probanden steigt der Messwert um 2.3 mm von $t_1 = 19.0$ mm auf $t_3 = 21.3$ mm. Bei den männlichen Probanden wird eine Zunahme von 2.1 mm von $t_1 = 18.3$ mm auf $t_3 = 20.4$ mm verzeichnet.

Für PASocc2 beträgt das Gesamtwachstum 2.6 mm, von anfangs $t_1 = 8.8$ mm bis später $t_3 = 11.4$ mm. Der PAS männlicher Probanden weist einen Anstieg um 3.2 mm auf. Zum Zeitpunkt t_1 wird ein Wert von 8.3 mm und zum Zeitpunkt t_3 ein Wert von 11.5 mm erfasst. Für weibliche Probanden erhöht sich der Messwert von $t_1 = 9,2$ mm auf $t_3 = 11,3$ mm, dies entspricht + 2,1 mm.

Auf Höhe des Mandibularplanums (PASme-go) steigt die sagittale Tiefe des PAS durchschnittlich von $t_1 = 11.0$ mm auf $t_3 = 14.7$ mm an. Es zeigt sich ein Unterschied von + 3.7 mm. Probandinnen erreichen eine Längenzunahme von 2.8 mm, die bei $t_1 = 11.5$ mm und $t_3 = 14.3$ mm errechnet wurde. Die Längenzunahme bei männlichen Probanden kann mittels $t_1 = 10.5$ mm zu $t_3 = 15.0$ mm auf 4.5 mm bestimmt werden.

Die sagittale Tiefe des PAS, die durch das Gonion und den B-Punkt konstruierten Ebene (PASb-go), beträgt im Mittel für $t_1 = 11.0$ mm und für $t_3 = 15.1$ mm. Es kann also eine Differenz von + 4.1 mm abgelesen werden. Probandinnen verzeichnen einen Anstieg von 3.3 mm von $t_1 = 11.5$ mm zu $t_3 = 14.8$ mm. Der PAS männlicher Probanden wächst von $t_1 = 10.4$ mm auf $t_3 = 15.5$ mm um 5.1 mm.

Betrachtet man die Länge der Uvula (UvulaL), ohne die Probanden nach Geschlecht aufzuteilen, so kann für den Zeitpunkt $t_1 = 24.5$ mm und für den Zeitpunkt $t_3 = 27.3$ mm ausgelesen werden. Dies ergibt eine Zunahme um 2.8 mm. Nur die weiblichen Probanden betrachtet, lässt sich ein Wachstum von 2.4 mm verzeichnen. Dabei ist $t_1 = 24.3$ mm und $t_3 = 26.7$ mm. Die männlichen Probanden kommen im Mittel auf ein Wachstum von 3.3 mm ($t_1 = 24.8$ mm und $t_3 = 28.1$ mm).

Die Dicke der Uvula (UvulaB) misst im Mittel zum Zeitpunkt $t_1 = 7.4$ mm und zum Zeitpunkt $t_3 = 7.6$ mm. Dies ergibt eine Zunahme um 0.2 mm. Bei den weiblichen Probanden wird eine Vertiefung des PAS um

0.3 mm festgestellt, indem man die Ergebnisse für $t_1 = 7.2$ mm und $t_3 = 7.5$ mm betrachtet. Bei den männlichen Probanden steigt der Wert leicht von $t_1 = 7.6$ mm auf $t_3 = 7.7$ mm an. Dies entspricht einem Unterschied von + 0.1 mm.

Der PAS in der Senkrechten zur Uvula gemessen (PASpost) ergibt für $t_1 = 6.7$ mm und für $t_3 = 11.0$ mm. Die Längenzunahme für den Zeitraum $t_1 - t_3$ beträgt damit 4.3 mm. Die Messwerte für Probandinnen erreichen 6.2 mm für t_1 und 10.1 mm für t_3 . Dies entspricht einer Differenz von + 3.9 mm. Für männliche Probanden zeigt sich eine Zunahme um 7.8 mm vom Zeitpunkt $t_1 = 7.2$ mm bis zum Zeitpunkt $t_3 = 12.0$ mm.

Für die schmalste Stelle des PAS direkt oberhalb der Glottis (PASmin) kann basierend auf den Werten für $t_1 = 8.3$ mm und für $t_3 = 12.9$ mm eine Längenzunahme von 4.6 mm abgelesen werden. Zieht man ausschließlich die Werte für weibliche Probanden mit $t_1 = 9.3$ mm und $t_3 = 12.4$ mm heran, so ist folglich mit einer Differenz von + 3.1 mm zu rechnen. Der PAS männlicher Probanden vergrößert sich um 6.4 mm von $t_1 = 7.2$ mm auf $t_3 = 13.6$ mm.

3.2. Boxplots

Boxplots dienen der visuellen Einschätzung der Datenverteilung und lassen in der vorliegenden Arbeit den ersten groben Vergleich der Messwerte zwischen den Variablen Zeitpunkt und Geschlecht zu.

Die jeweils unter den Boxplots aufgeführten Tabellen beschreiben die Graphen. Das untere Quartil (Q1) und das obere Quartil (Q3) geben die Wandmarker für die Box an. Die mittleren 50 Prozent aller Messwerte befinden sich innerhalb dieser Box. In der Box befindet sich der Median (Q2). 50 % der Messdaten liegen sowohl über, also auch unter dem Median. Die Position des Medians (Q2) in der Box und der Vergleich mit dem Mittelwert kann Hinweis darauf sein, ob eine Schiefe Daten vorliegt.

Q0 beschreibt das Minimum und Q4 das Maximum. In der vorliegenden Arbeit wurden hier die Ausreißer miteinbezogen.

Die Nummerierung der Ausreißer dienen im Bearbeitungsprozess der besseren Nachverfolgung und kann an dieser Stelle vernachlässigt werden.

Alle Messwerte sind in Millimeter angegeben. Dies gilt sowohl für die Skala der Boxplots als auch für die zugehörigen Werte in den beschreibenden Tabellen.

Vorabanschätzung von möglicherweise vorhandenen signifikanten Unterschieden lassen sich durch Vergleich der Graphen vermuten. Überschneidet sich die Box (Interquartilsabstand Q1 - Q3) zweier Graphen stark, so ist mit hoher Annahme kein statistisch signifikanter Unterschied zu erwarten. Ein statistisch signifikanter Unterschied wird wahrscheinlicher, wenn sich die Box (Q1 - Q3) zweier Graphen wenig bis überhaupt nicht überschneiden. Um zu ermitteln, ob tatsächlich statistisch signifikante Unterschiede vorliegen, werden die Daten in den darauffolgenden Abschnitten weiter analysiert.

3.2.1. PASspa-spp

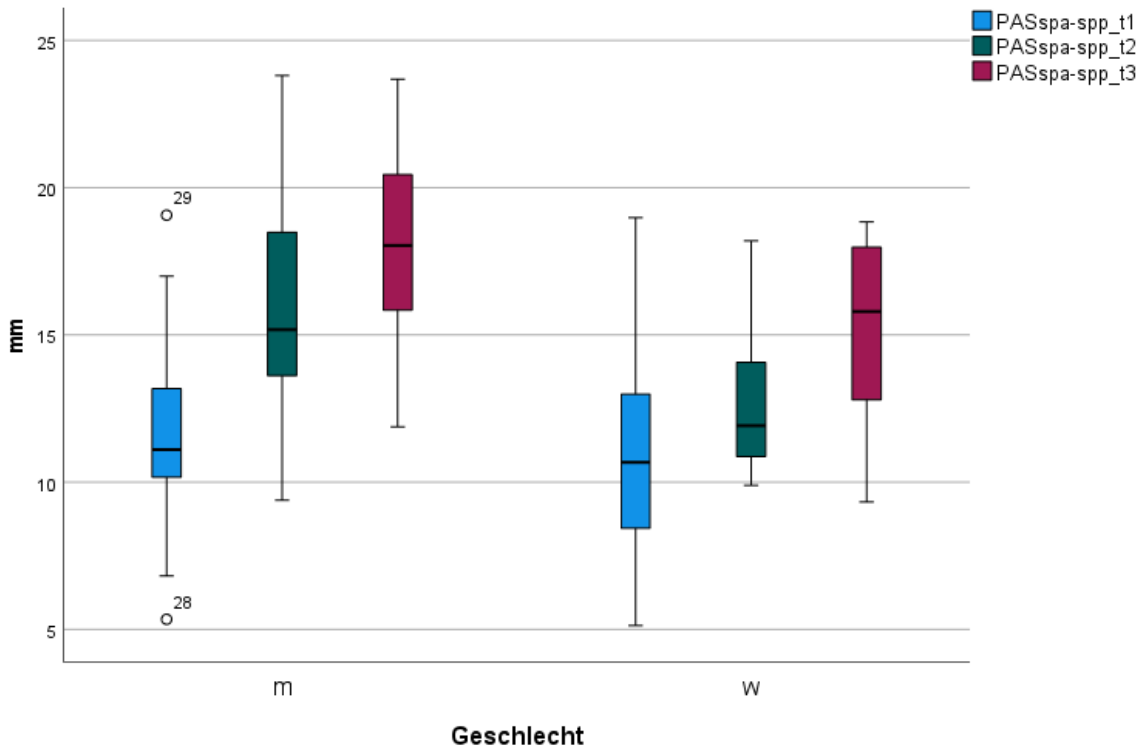


Abbildung 7: Boxplot - PASspa-spp

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden
 blau = Strecke PASspa-spp zum Zeitpunkt t1
 grün = Strecke PASspa-spp zum Zeitpunkt t2
 rot = Strecke PASspa-spp zum Zeitpunkt t3

Tabelle 9: Quartile - PASspa-spp

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	5,3	9,3	11,8	5,1	9,8	9,2
Q(1)	10,1	13,5	15,7	8,6	10,8	12,3
Q(2)	11,0	15,0	17,9	10,6	11,8	15,6
Q(3)	13,1	18,3	20,3	12,5	13,9	17,8
Q(4)	18,9	23,6	23,5	18,8	18,0	18,7

Betrachtet man die Strecke PASspa-spp, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 11.0$ mm ($Q(0) = 5.3$ mm, $Q(1) = 10.1$ mm, $Q(3) = 13.1$ mm, $Q(4) = 18.9$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 10.6$ mm ($Q(0) = 5.1$ mm, $Q(1) = 8.6$ mm, $Q(3) = 12.5$ mm, $Q(4) = 18.8$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 15.0$ mm ($Q(0) = 9.3$ mm, $Q(1) = 13.5$ mm, $Q(3) = 18.3$ mm, $Q(4) = 23.6$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 11.8$ mm ($Q(0) = 9.8$ mm, $Q(1) = 10.8$ mm, $Q(3) = 13.9$ mm, $Q(4) = 18.0$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 17.9$ mm ($Q(0) = 11.8$ mm, $Q(1) = 15.7$ mm, $Q(3) = 20.3$ mm, $Q(4) = 23.5$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 15.6$ mm ($Q(0) = 9.2$ mm, $Q(1) = 12.3$ mm, $Q(3) = 17.8$ mm, $Q(4) = 18.7$ mm).

3.2.2. PASocc1

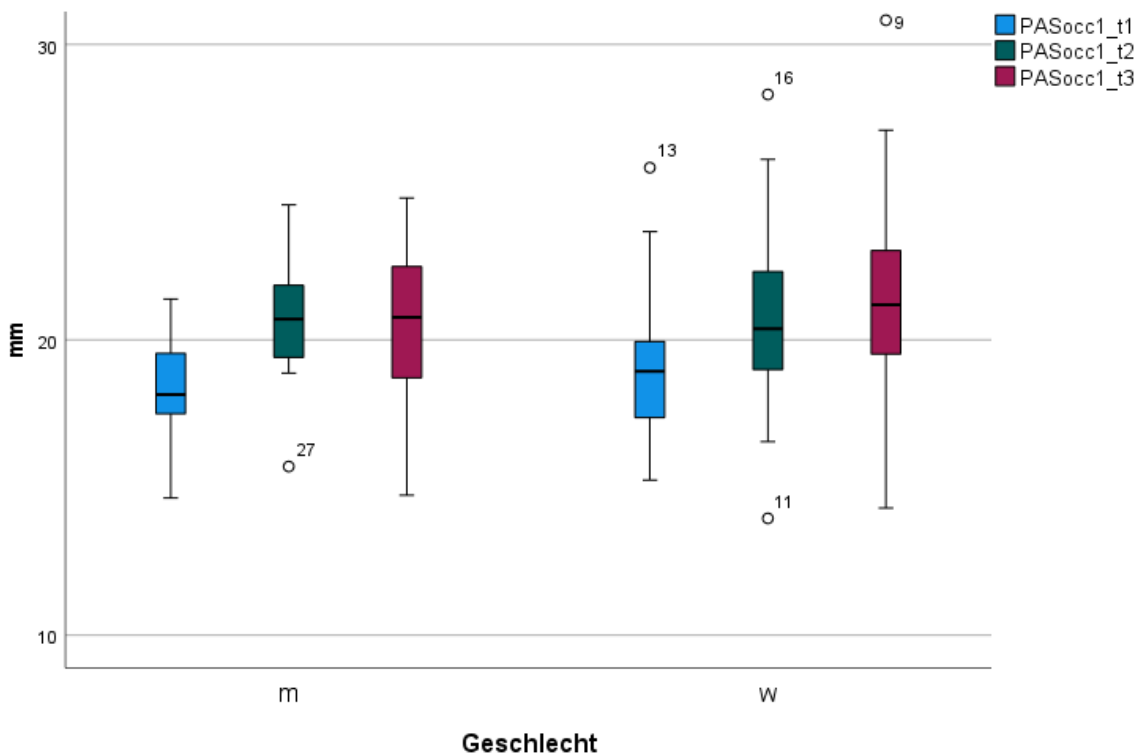


Abbildung 8: Boxplot - PASocc1

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden
 blau = Strecke PASocc1 zum Zeitpunkt t1
 grün = Strecke PASocc1 zum Zeitpunkt t2
 rot = Strecke PASocc1 zum Zeitpunkt t3

Tabelle 10: Quartile - PASocc1

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	14,5	15,6	14,6	15,1	13,8	14,2
Q(1)	17,3	19,2	18,7	17,3	18,9	19,5
Q(2)	18,0	20,5	20,6	18,8	20,2	21,0
Q(3)	19,4	21,7	22,4	19,7	22,1	22,8
Q(4)	21,2	24,4	24,6	25,6	28,1	30,5

Betrachtet man die Strecke PASocc1, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 18.0$ mm ($Q(0) = 14.5$ mm, $Q(1) = 17.3$ mm, $Q(3) = 19.4$ mm, $Q(4) = 21.2$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 18.8$ mm ($Q(0) = 15.1$ mm, $Q(1) = 17.3$ mm, $Q(3) = 19.7$ mm, $Q(4) = 25.6$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 20.5$ mm ($Q(0) = 15.6$ mm, $Q(1) = 19.2$ mm, $Q(3) = 21.7$ mm, $Q(4) = 24.4$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 20.2$ mm ($Q(0) = 13.8$ mm, $Q(1) = 18.9$ mm, $Q(3) = 22.1$ mm, $Q(4) = 28.1$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 20.6$ mm ($Q(0) = 14.6$ mm, $Q(1) = 18.7$ mm, $Q(3) = 22.4$ mm, $Q(4) = 24.6$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 21.0$ mm ($Q(0) = 14.2$ mm, $Q(1) = 19.5$ mm, $Q(3) = 22.8$ mm, $Q(4) = 30.5$ mm)

3.2.3. PASocc2

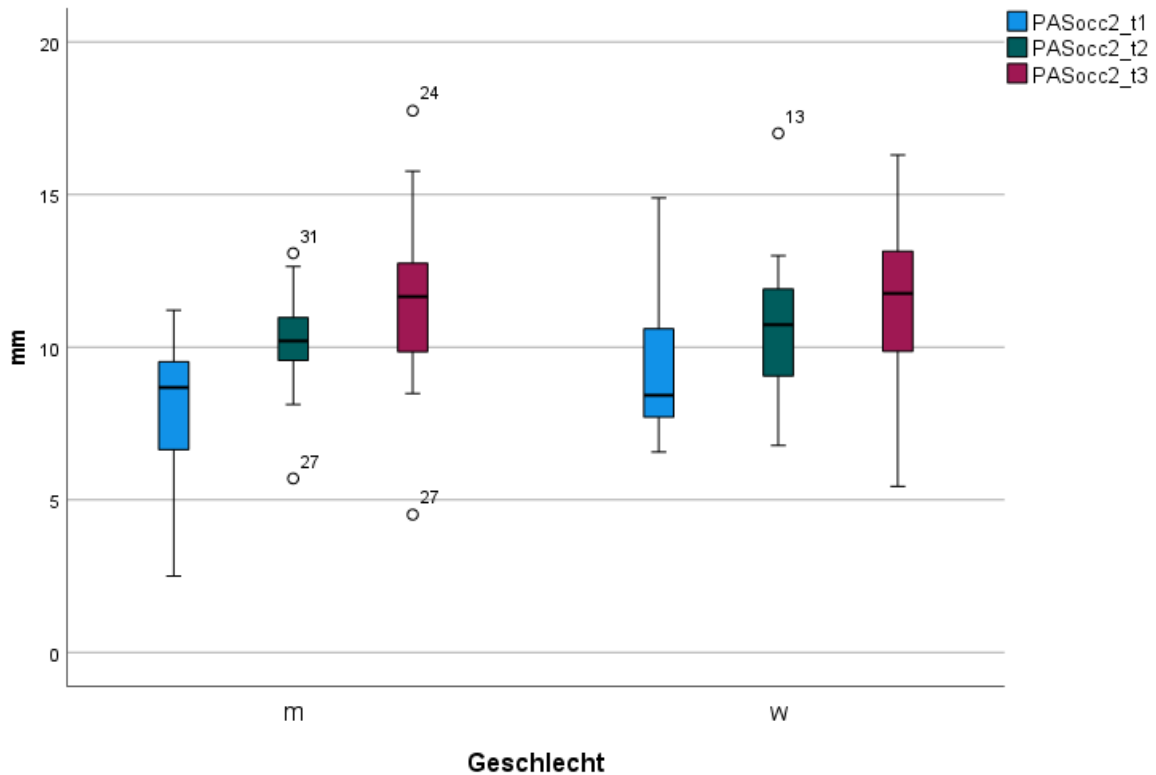


Abbildung 9: Boxplot - PASocc2

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden

blau = Strecke PASocc2 zum Zeitpunkt t1

grün = Strecke PASocc2 zum Zeitpunkt t2

rot = Strecke PASocc2 zum Zeitpunkt t3

Tabelle 11: Quartile - PASocc2

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	2,5	5,7	4,5	6,5	6,7	5,4
Q(1)	6,6	9,5	9,8	7,7	9,1	10,0
Q(2)	8,6	10,1	11,6	8,4	10,6	11,7
Q(3)	9,4	10,9	12,6	10,4	11,7	13,0
Q(4)	11,1	13,0	17,6	14,8	16,9	16,1

Betrachtet man die Strecke PASocc2, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 8.6$ mm ($Q(0) = 2.5$ mm, $Q(1) = 6.6$ mm, $Q(3) = 9.4$ mm, $Q(4) = 11.1$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 8.4$ mm ($Q(0) = 6.5$ mm, $Q(1) = 7.7$ mm, $Q(3) = 10.4$ mm, $Q(4) = 14.8$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 10.1$ mm ($Q(0) = 5.7$ mm, $Q(1) = 9.5$ mm, $Q(3) = 10.9$ mm, $Q(4) = 13.0$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 10.6$ mm ($Q(0) = 6.7$ mm, $Q(1) = 9.1$ mm, $Q(3) = 11.7$ mm, $Q(4) = 16.9$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 11.6$ mm ($Q(0) = 4.5$ mm, $Q(1) = 9.8$ mm, $Q(3) = 12.6$ mm, $Q(4) = 17.6$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 11.7$ mm ($Q(0) = 5.4$ mm, $Q(1) = 10.0$ mm, $Q(3) = 13.0$ mm, $Q(4) = 16.1$ mm).

3.2.4. PASme-go

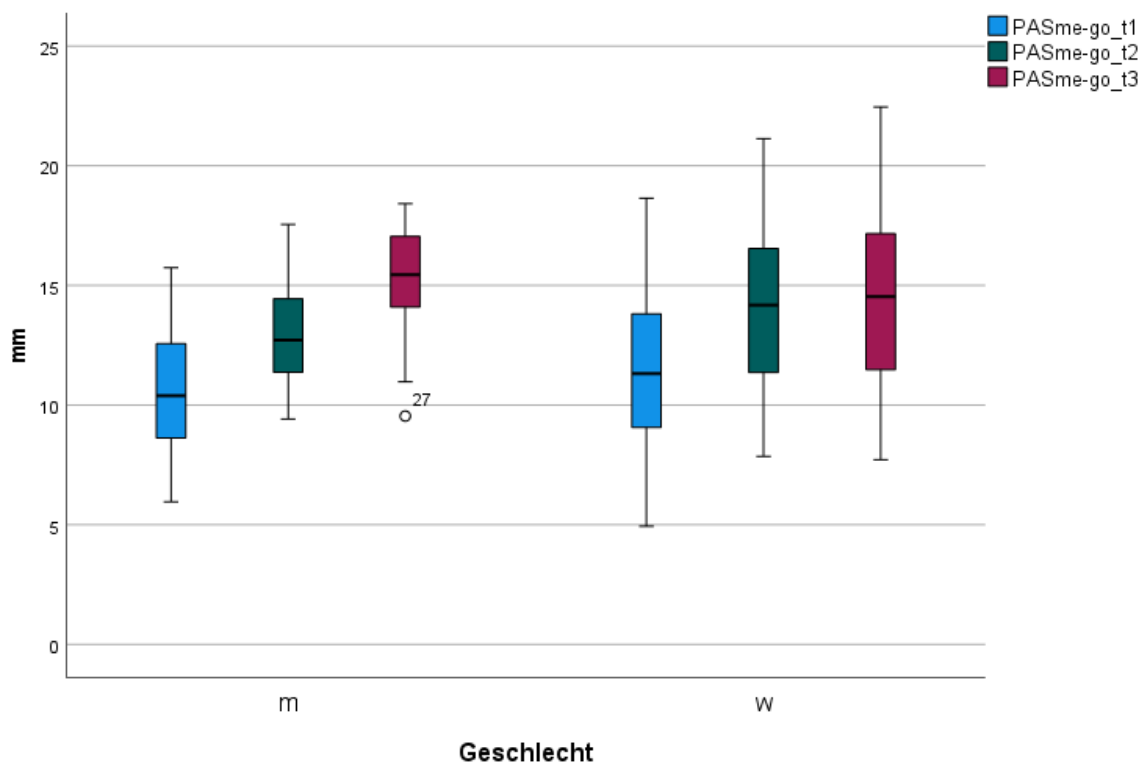


Abbildung 10: Boxplot - PASme-go

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden
 blau = Strecke PASme-go zum Zeitpunkt t1
 grün = Strecke PASme-go zum Zeitpunkt t2
 rot = Strecke PASme-go zum Zeitpunkt t3

Tabelle 12: Quartile – PASme-gp

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	5,9	9,3	9,5	4,9	7,8	7,7
Q(1)	8,5	11,3	14,0	9,2	11,3	11,4
Q(2)	10,3	12,6	15,3	11,2	14,1	14,4
Q(3)	12,5	14,3	16,9	13,6	16,1	16,8
Q(4)	15,6	17,4	18,3	18,5	20,9	22,3

Betrachtet man die Strecke PASme-go, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 10.3$ mm ($Q(0) = 5.6$ mm, $Q(1) = 8.5$ mm, $Q(3) = 12.5$ mm, $Q(4) = 15.6$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 11.2$ mm ($Q(0) = 4.9$ mm, $Q(1) = 9.2$ mm, $Q(3) = 13.6$ mm, $Q(4) = 18.5$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 12.6$ mm ($Q(0) = 9.3$ mm, $Q(1) = 11.3$ mm, $Q(3) = 14.3$ mm, $Q(4) = 17.4$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 14.1$ mm ($Q(0) = 7.8$ mm, $Q(1) = 11.3$ mm, $Q(3) = 16.1$ mm, $Q(4) = 20.9$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 15.3$ mm ($Q(0) = 9.5$ mm, $Q(1) = 14.0$ mm, $Q(3) = 16.9$ mm, $Q(4) = 18.3$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 14.4$ mm ($Q(0) = 7.7$ mm, $Q(1) = 11.4$ mm, $Q(3) = 16.8$ mm, $Q(4) = 22.3$ mm).

3.2.5. PASb-go

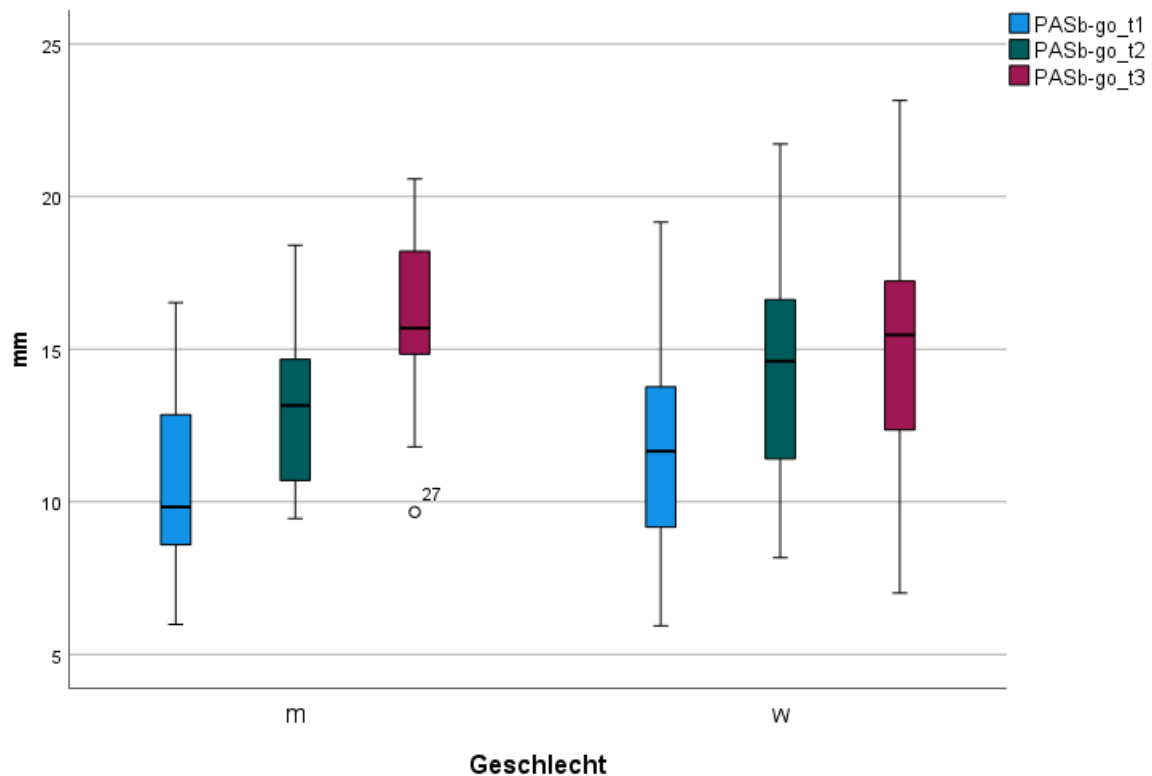


Abbildung 11: Boxplot - PASb-go

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden

blau = Strecke PASb-go zum Zeitpunkt t1

grün = Strecke PASb-go zum Zeitpunkt t2

rot = Strecke PASb-go zum Zeitpunkt t3

Tabelle 13: Quartile - PASb-gp

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männlich, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	5,9	9,4	9,6	5,9	8,1	7,0
Q(1)	8,5	10,6	14,7	9,5	11,5	12,5
Q(2)	9,7	13,0	15,6	11,6	14,5	15,3
Q(3)	12,7	14,5	18,0	13,6	16,5	16,9
Q(4)	16,4	18,2	20,4	19,0	21,5	22,9

Betrachtet man die Strecke PASb-go, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 9.7$ mm ($Q(0) = 5.9$ mm, $Q(1) = 8.5$ mm, $Q(3) = 12.7$ mm, $Q(4) = 16.4$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 11.6$ mm ($Q(0) = 5.9$ mm, $Q(1) = 9.5$ mm, $Q(3) = 13.6$ mm, $Q(4) = 19.0$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 13.0$ mm ($Q(0) = 9.4$ mm, $Q(1) = 10.0$ mm, $Q(3) = 14.5$ mm, $Q(4) = 18.2$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 14.5$ mm ($Q(0) = 8.1$ mm, $Q(1) = 11.5$ mm, $Q(3) = 16.5$ mm, $Q(4) = 21.5$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 15.6$ mm ($Q(0) = 9.6$ mm, $Q(1) = 14.7$ mm, $Q(3) = 18.0$ mm, $Q(4) = 20.4$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 15.3$ mm ($Q(0) = 7.0$ mm, $Q(1) = 12.5$ mm, $Q(3) = 16.9$ mm, $Q(4) = 22.9$ mm).

3.2.6. UvulaL

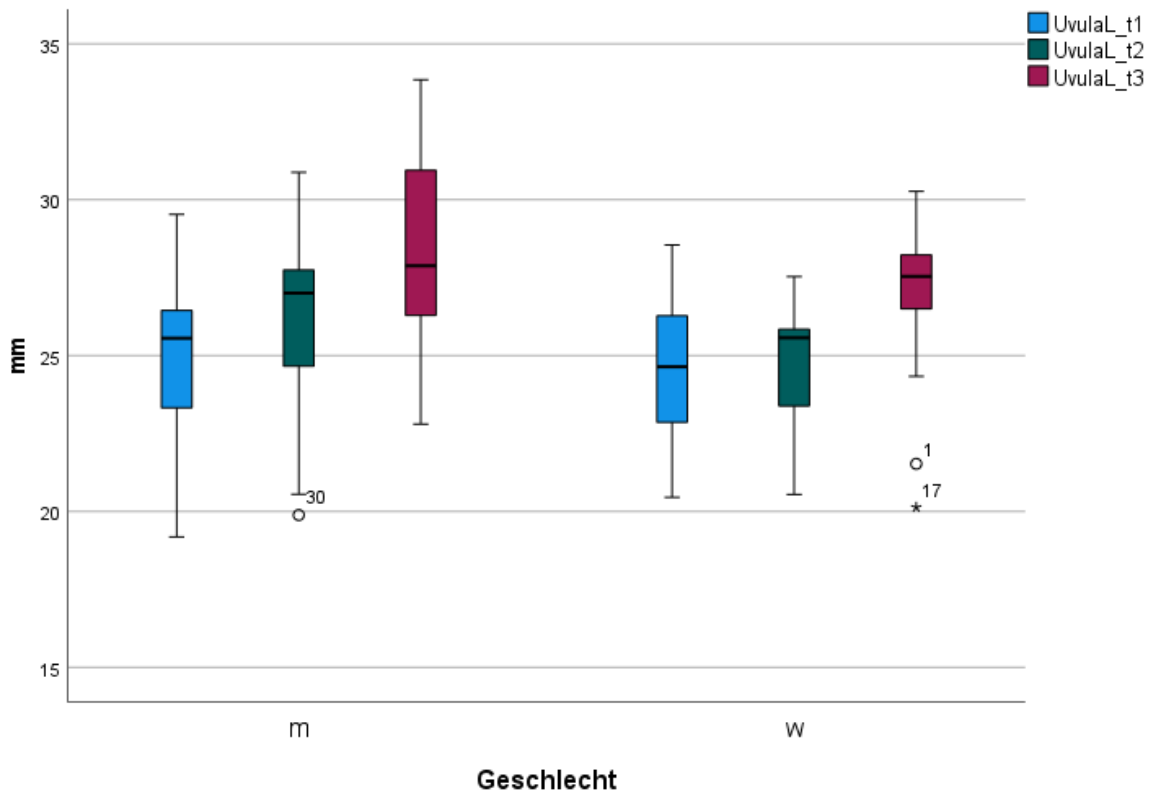


Abbildung 12: Boxplot – UvulaL

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden
 blau = Strecke UvulaL zum Zeitpunkt t1
 grün = Strecke UvulaL zum Zeitpunkt t2
 rot = Strecke UvulaL zum Zeitpunkt t3

Tabelle 14: Quartile - UvulaL

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	19,0	19,7	22,6	20,3	20,4	20,0
Q(1)	23,1	24,4	26,1	22,7	23,3	26,3
Q(2)	25,3	26,8	27,6	24,4	25,3	27,3
Q(3)	26,2	27,5	30,7	26,0	25,6	27,9
Q(4)	29,3	30,6	33,5	28,3	27,3	30,0

Betrachtet man die Strecke UvulaL, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 25.3$ mm ($Q(0) = 19.0$ mm, $Q(1) = 23.1$ mm, $Q(3) = 26.2$ mm, $Q(4) = 29.3$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 24.4$ mm ($Q(0) = 20.3$ mm, $Q(1) = 22.7$ mm, $Q(3) = 26.0$ mm, $Q(4) = 28.3$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 26.8$ mm ($Q(0) = 19.7$ mm, $Q(1) = 24.4$ mm, $Q(3) = 27.7$ mm, $Q(4) = 30.6$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 25.3$ mm ($Q(0) = 20.4$ mm, $Q(1) = 23.3$ mm, $Q(3) = 25.6$ mm, $Q(4) = 27.3$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 27.6$ mm ($Q(0) = 22.6$ mm, $Q(1) = 26.1$ mm, $Q(3) = 30.7$ mm, $Q(4) = 33.5$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 27.3$ mm ($Q(0) = 20.0$ mm, $Q(1) = 26.3$ mm, $Q(3) = 27.9$ mm, $Q(4) = 30.0$ mm).

3.2.7. UvulaB

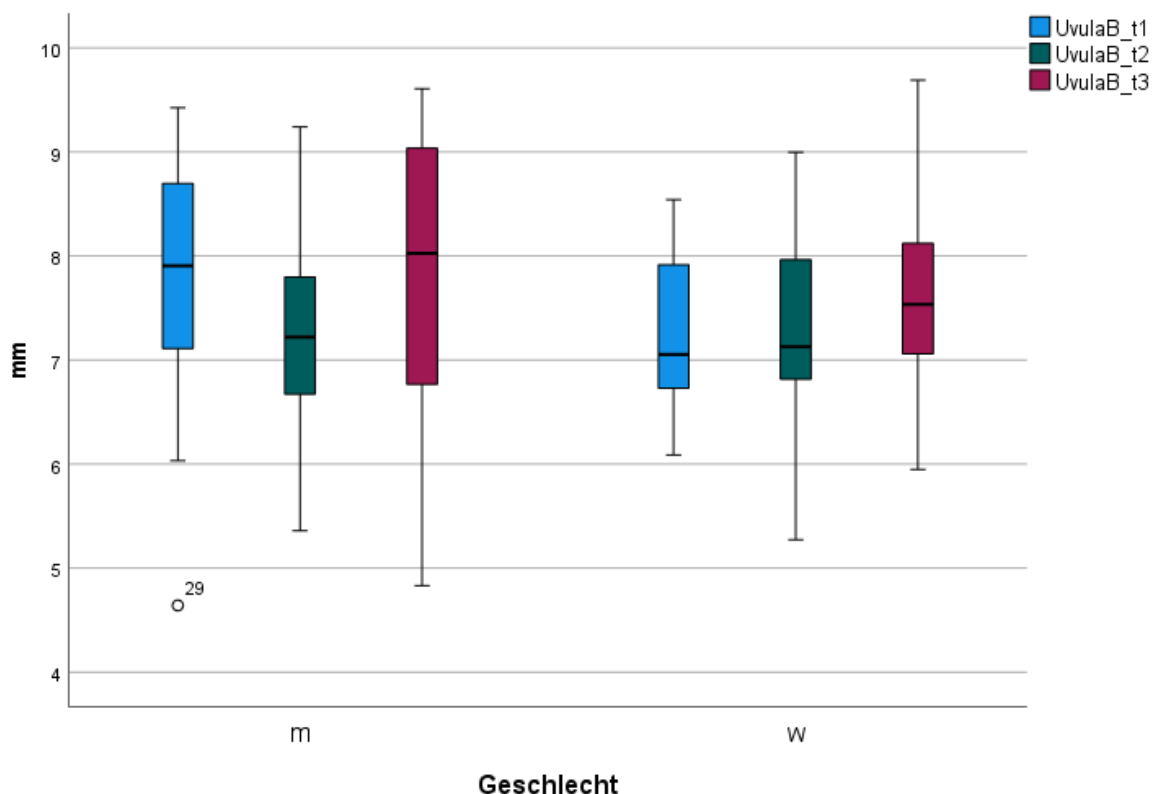


Abbildung 13: Boxplot – UvulaB

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden
 blau = Strecke UvulaB zum Zeitpunkt t1
 grün = Strecke UvulaB zum Zeitpunkt t2
 rot = Strecke UvulaB zum Zeitpunkt t3

Tabelle 15: Quartile - UvulaB

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	4,6	5,3	4,8	6,0	5,2	5,9
Q(1)	7,0	6,6	6,7	6,7	6,8	7,0
Q(2)	7,8	7,2	8,0	7,0	7,1	7,5
Q(3)	8,6	7,7	9,0	7,7	7,8	8,0
Q(4)	9,3	9,2	9,5	8,5	8,9	9,6

Betrachtet man die Strecke UvulaB, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 7.8$ mm ($Q(0) = 4.6$ mm, $Q(1) = 7.0$ mm, $Q(3) = 8.6$ mm, $Q(4) = 9.3$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 7.0$ mm ($Q(0) = 6.0$ mm, $Q(1) = 6.7$ mm, $Q(3) = 7.7$ mm, $Q(4) = 8.5$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 7.2$ mm ($Q(0) = 5.3$ mm, $Q(1) = 6.6$ mm, $Q(3) = 7.7$ mm, $Q(4) = 9.5$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 7.1$ mm ($Q(0) = 5.2$ mm, $Q(1) = 6.8$ mm, $Q(3) = 7.8$ mm, $Q(4) = 8.9$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 8.0$ mm ($Q(0) = 4.8$ mm, $Q(1) = 6.7$ mm, $Q(3) = 9.0$ mm, $Q(4) = 9.5$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 7.5$ mm ($Q(0) = 5.9$ mm, $Q(1) = 7.0$ mm, $Q(3) = 8.0$ mm, $Q(4) = 9.6$ mm).

3.2.8. PASpost

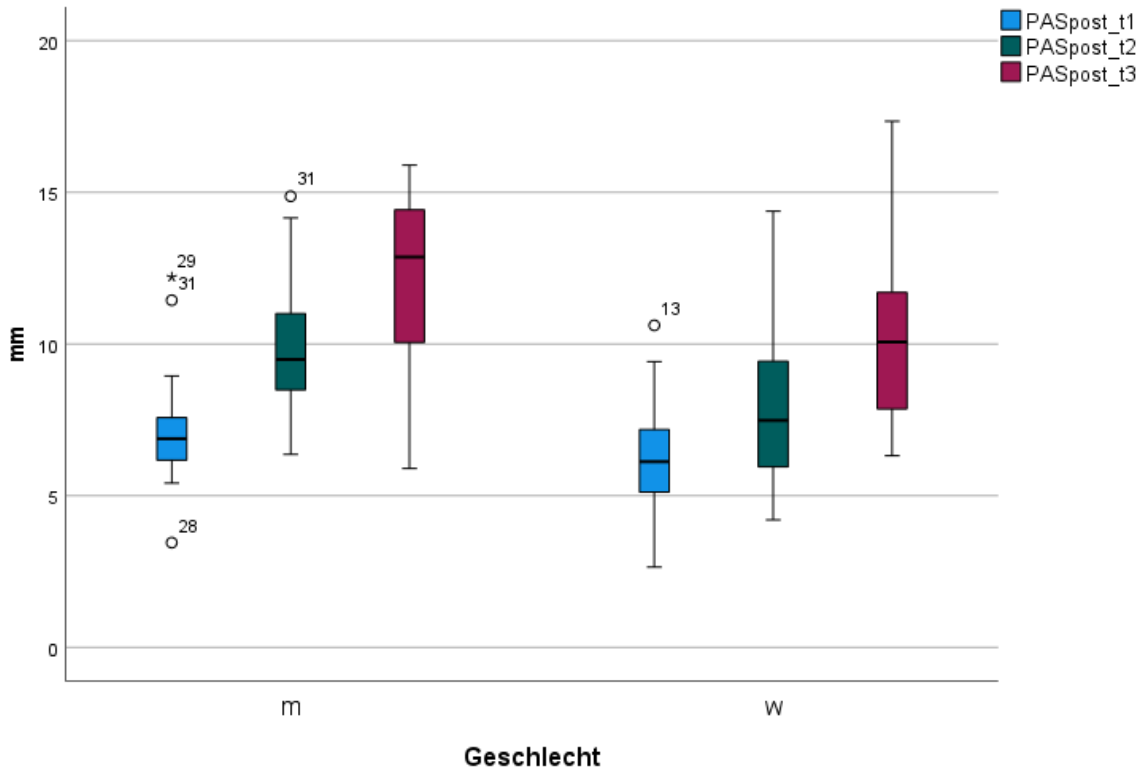


Abbildung 14: Boxplot – PASpost

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden
 blau = Strecke PASpost zum Zeitpunkt t1
 grün = Strecke PASpost zum Zeitpunkt t2
 rot = Strecke PASpost zum Zeitpunkt t3

Tabelle 16: Quartile - PASpost

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	3,4	6,3	5,8	2,6	4,2	6,3
Q(1)	6,1	8,4	10,0	5,2	6,1	8,2
Q(2)	6,8	9,4	12,8	6,1	7,4	10,0
Q(3)	7,5	10,9	14,3	7,0	9,0	11,5
Q(4)	12,1	14,7	15,8	10,5	14,3	17,2

Betrachtet man die Strecke PASpost, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 6.8$ mm ($Q(0) = 3.4$ mm, $Q(1) = 6.1$ mm, $Q(3) = 7.5$ mm, $Q(4) = 12.1$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 6.1$ mm ($Q(0) = 2.6$ mm, $Q(1) = 5.2$ mm, $Q(3) = 7.0$ mm, $Q(4) = 10.5$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 9.4$ mm ($Q(0) = 6.3$ mm, $Q(1) = 8.4$ mm, $Q(3) = 10.9$ mm, $Q(4) = 14.7$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 7.4$ mm ($Q(0) = 4.2$ mm, $Q(1) = 6.1$ mm, $Q(3) = 9.0$ mm, $Q(4) = 14.3$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 12.8$ mm ($Q(0) = 5.8$ mm, $Q(1) = 10.0$ mm, $Q(3) = 14.3$ mm, $Q(4) = 15.8$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 10.0$ mm ($Q(0) = 6.3$ mm, $Q(1) = 8.2$ mm, $Q(3) = 11.5$ mm, $Q(4) = 17.2$ mm).

3.2.9. PASmin

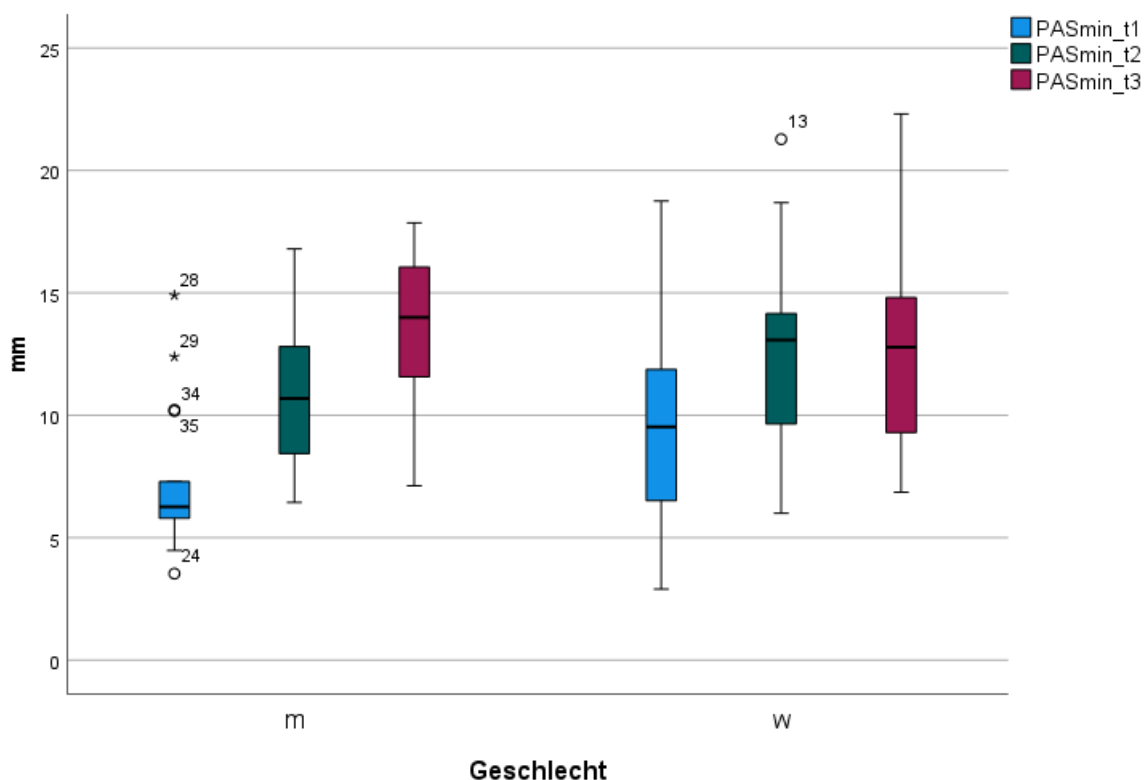


Abbildung 15: Boxplot – PASmin

m = männliche Probanden, w = weibliche Probanden

blau = Strecke PASmin zum Zeitpunkt t1

grün = Strecke PASmin zum Zeitpunkt t2

rot = Strecke PASmin zum Zeitpunkt t3

Tabelle 17: Quartile - PASmin

Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 sind die Quartile Q(0) bis Q(4) für beide Geschlechter aufgeführt. M = männliche, W = weiblich. Alle Angaben sind in Millimetern abzulesen.

	M			W		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
Q(0)	3,5	6,4	7,1	2,9	5,9	6,8
Q(1)	5,7	8,4	11,5	7,2	9,6	9,2
Q(2)	6,2	10,6	13,9	9,4	13,0	12,7
Q(3)	7,2	12,7	15,9	11,6	14,0	14,6
Q(4)	14,8	16,6	17,7	18,6	21,1	22,1

Betrachtet man die Strecke PASmin, so beträgt der Median bei den männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 $Q(2) = 6.2$ mm ($Q(0) = 3.5$ mm, $Q(1) = 5.7$ mm, $Q(3) = 7.2$ mm, $Q(4) = 14.8$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 9.4$ mm ($Q(0) = 2.9$ mm, $Q(1) = 7.2$ mm, $Q(3) = 11.6$ mm, $Q(4) = 18.6$ mm). Zum Zeitpunkt t2 beträgt der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 10.6$ mm ($Q(0) = 6.4$ mm, $Q(1) = 8.4$ mm, $Q(3) = 12.7$ mm, $Q(4) = 16.6$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 13.0$ mm ($Q(0) = 5.9$ mm, $Q(1) = 9.6$ mm, $Q(3) = 14.0$ mm, $Q(4) = 21.1$ mm). Und zum Zeitpunkt t3 ist der Median bei den männlichen Probanden $Q(2) = 13.9$ mm ($Q(0) = 7.1$ mm, $Q(1) = 11.5$ mm, $Q(3) = 15.9$ mm, $Q(4) = 17.7$ mm) und bei den Frauen ist $Q(2) = 12.7$ mm ($Q(0) = 6.8$ mm, $Q(1) = 9.2$ mm, $Q(3) = 14.6$ mm, $Q(4) = 22.1$ mm).

3.3. Test auf Normalverteilung

Um die richtigen statistischen Verfahren auswählen zu können, muss im ersten Schritt geklärt werden, ob eine Normalverteilung der Daten vorliegt. Hierzu wurde der Shapiro-Wilk Test durchgeführt. Dies wurde sowohl mit dem Programm SPSS, als auch mit dem Programm JMP vorgenommen. Die Ergebnisse sind hier in den Tabellen 18, 19 und 20 aufgeführt. Beim Vergleich fällt auf, dass sich die Werte sehr ähneln.

Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk

Tabelle 18: Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk - unisex

Eine Normalverteilung der Werte wird angenommen, wenn $p > 0,05$. Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 wurden p-Werte sowohl mit dem Programm SPSS, als auch mit JMP ermittelt und nach Strecke aufgeführt.

unisex	SPSS			JMP		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
PASspa-spp	,285	,072	,787	,2852	,0716	,7884
PASocc1	,111	,577	,317	,1108	,4572	,3170
PASocc2	,303	,306	,587	,3029	,3153	,7339
PASme-gp	,493	,632	,604	,4929	,5324	,6900
PASb-go	,496	,588	,946	,4961	,4065	,9501
UvulaL	,415	,097	,212	,4154	,0742	,2468
UvulaB	,664	,408	,768	,6640	,3988	,7351
PASpost	,202	,156	,572	,2019	,2040	,5741
PASmin	,113	,374	,626	,1127	,3445	,6697

Tabelle 19: Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk - Frauen

Eine Normalverteilung der Werte wird angenommen, wenn $p > 0,05$. Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 wurden p-Werte sowohl mit dem Programm SPSS, als auch mit der Software JMP ermittelt und nach Strecke aufgeführt.

Frauen	SPSS			JMP		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
PASspa-spp	,668	,055	,089	,6679	,0545	,0894
PASocc1	,120	,920	,538	,1202	,7665	,5383
PASocc2	,068	,348	,975	,0680	,3329	,9746
PASme-gp	,820	,994	,900	,8200	,9691	,9004
PASb-go	,776	,978	,865	,7759	,8629	,8652
UvulaL	,821	,041	,008	,8206	,0203	,0083
UvulaB	,220	,241	,602	,2203	,6037	,6022
PASpost	,886	,120	,297	,8860	,2151	,2974
PASmin	,599	,674	,511	,5987	,6182	,5107

Tabelle 20: Test auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk - Männer

Eine Normalverteilung der Werte wird angenommen, wenn $p > 0,05$. Für die Zeitpunkte t1, t2 und t3 wurden p-Werte sowohl mit dem Programm SPSS, als auch mit der Software JMP ermittelt und nach Strecke aufgeführt.

Männer	SPSS			JMP		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
PASspa-spp	,845	,974	,714	,8452	,9745	,8339
PASocc1	,832	,681	,942	,8322	,6815	,9416
PASocc2	,119	,265	,463	,1195	,2653	,7890
PASme-gp	,843	,437	,168	,8435	,4367	,2553
PASb-go	,863	,548	,833	,8631	,5483	,8319
UvulaL	,389	,088	,544	,3889	,0876	,5272
UvulaB	,378	,731	,604	,3785	,7314	,3938
PASpost	,072	,311	,307	,0722	,3115	,3451
PASmin	,013	,596	,480	,0129	,5961	,5171

Die Berechnungen mit SPSS und JMP ergeben die gleichen Ergebnisse, was eine mögliche Fehlerquelle in diesem Bearbeitungsschritt nahezu ausschließt. Geschlechterübergreifend können durchweg p-Werte abgelesen werden, die größer als 0,05 sind. Dies bedeutet, dass für alle neun Messstrecken eine Normalverteilung vorliegt. Bei den weiblichen Probanden sind nahezu alle Messdaten pro Strecke normalverteilt ($p > .05$). Lediglich für die Werte der Uvula-Länge zu den Zeitpunkten t2 und t3 lässt sich keine Normalverteilung nachweisen. Mit SPSS wurden hierfür p-Werte von .041 (t2) und .008 (t3) berechnet. Mittels JMP kann diese Aussage anhand der p-Werte .0203 für t2 und .0083 für t3 bestätigt werden. Für die männlichen Probanden gilt, dass bis auf die Strecke PASmin zum Zeitpunkt t1, alle Werte normalverteilt sind ($p > .05$).

Die Ausnahme wird durch SPSS mit einem p-Wert von .013 und von JMP mit .0129 ebenfalls nachgewiesen. Da, mit Ausnahme von drei aus insgesamt 81 Fällen, eine Normalverteilung vorliegt, wurde als weiterer statistischer Test die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung und darauffolgende paarweise Vergleiche nach Bonferroni ausgewählt. Die drei Sonderfälle werden später mittels einer Fehleranalyse in der Diskussion nochmals näher beleuchtet. Ziel ist die Überprüfung, ob die Variablen Messstrecke, Zeitpunkt und Geschlecht Einfluss auf die Tiefe des PAS nehmen.

3.4. Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung

Da wiederholt die gleichen Streckenabschnitte derselben Probanden zu verschiedenen - chronologisch angeordneten - Zeitpunkten gemessen wurden, wird als weiteres Verfahren zur statistischen Auswertung die Varianzanalyse (VA) mit Messwiederholung verwendet.

Für alle mit dem Programm SPSS vorgenommenen Varianzanalysen gilt, dass fehlende Messwerte nicht in die Berechnung einbezogen werden. Dies ist an zwei Stellen der Fall, da aufgrund fehlender Schnittpunkte der Ebenen während der FRS-Analyse kein Wert ermittelt werden konnte. Dies betrifft die weibliche Probandin H4 bei der Strecke PASspa-spp zum Zeitpunkt t2 und den männlichen Probanden H28 bei der Strecke PASocc1 zum Zeitpunkt t3.

Die Berechnungen in SPSS wurden in den ursprünglich gemessenen Einheiten durchgeführt. Ergebnisse können mit dem Faktor 12.654 oder der vorher aufgeführten Formel in Millimeterangaben umgerechnet werden.

3.4.1 Varianzanalyse ohne Aufteilung nach Messstrecke

In diesem Abschnitt soll überprüft werden, ob die beiden Innersubjektfaktoren Zeitpunkt (n = 3) und Strecke (n = 9) einen Haupteffekt auf den PAS haben. Das Geschlecht wird dabei als Zwischensubjektfaktor eingesetzt.

**Tabelle 21: Varianzanalyse (VA):
Innersubjektfaktoren**

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Strecke	Zeitpunkt	Abhängige Variable
PASspa-spp	t1	PASspaspp_t1
	t2	PASspaspp_t2
	t3	PASspaspp_t3
PASocc1	t1	PASocc1_t1
	t2	PASocc1_t2
	t3	PASocc1_t3
PASocc2	t1	PASocc2_t1
	t2	PASocc2_t2
	t3	PASocc2_t3
PASme-go	t1	PASmego_t1
	t2	PASmego_t2
	t3	PASmego_t3
PASb-go	t1	PASbgo_t1
	t2	PASbgo_t2
	t3	PASbgo_t3
UvulaL	t1	UvulaL_t1
	t2	UvulaL_t2
	t3	UvulaL_t3
UvulaB	t1	UvulaB_t1
	t2	UvulaB_t2
	t3	UvulaB_t3
PASpost	t1	PASpost_t1
	t2	PASpost_t2
	t3	PASpost_t3
PASmin	t1	PASmin_t1
	t2	PASmin_t2
	t3	PASmin_t3

**Tabelle 22: Varianzanalyse (VA):
Zwischensubjektfaktoren**

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	16
	w	19

Mauchly-Test auf Sphärizität

Bevor die einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt wird, überprüfen wir mittels des Mauchly-Tests auf Sphärizität, ob homogene Stichprobenvarianzen vorliegen. Bei einem p-Wert von mindestens .05, gehen wir davon aus, dass eine Homogenität der Varianzen vorliegt - der Test ist nicht signifikant. Man kann dann sagen, dass die Sphärizität höchstwahrscheinlich gegeben ist, beziehungsweise die Sphärizität nicht verletzt wurde. Der Test ist stark abhängig von der Stichprobengröße. Bei geringen Stichproben könnte der Wert deshalb eventuell falsch positiv ausfallen, sodass wir in diesem Falle auf korrigierte Werte mittels Greenhouse-Geisser zurückzugreifen. Hierbei werden mit Hilfe eines Korrekturfaktors die Freiheitsgrade angepasst. Ist das Epsilon nach Greenhouse-Geisser > .75, wenden wird die Korrektur nach Huynh-Feldt an.

Tabelle 23: Varianzanalyse (VA): Test auf Sphärizität
df = Freiheitsgrade, Sig. = Sigma

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Strecke	,001	35	,000	,352	,400	,125
Zeitpunkt	,951	2	,448	,953	1,000	,500
Strecke *Zeitpunkt	,000	135	,000	,411	,540	,063

Für das Innersubjekt Zeitpunkt (Mauchly-W(2) = .951, p = .448) ist der Test nicht signifikant - somit kann hier von Gleichheit der Varianzen ausgegangen werden da die Sphärizität gegeben ist. Sowohl für das Innersubjekt Strecke (Mauchly-W(35) = .001, p < .001) als auch für die Interaktion zwischen Strecke und Zeitpunkt (Mauchly-W(135) < .001, p < .001) ist keine Sphärizität gegeben - der Test ist in beiden Fällen sehr signifikant. Deshalb wird für diese beiden Fälle im weiteren Verlauf eine Korrektur nach Greenhouse-Geisser vorgenommen werden. In beiden Fällen ist Epsilon kleiner als .75, weshalb nicht auf Hyunh-Feldt zurückgegriffen wird.

Test der Innersubjektfaktoren

Liegt ein p-Wert von $< 0,05$ vor, gehen wir davon aus, dass der betreffende Faktor einen signifikanten Einfluss auf die Größe des Posterior Airway Space hat. Das partielle Eta-Quadrat vermittelt dabei ein Gefühl für die Effektgröße.

Tabelle 24: Varianzanalyse (VA): Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma,

Part. Eta-Quadrat = Partielles Eta-Quadrat η_p^2 ;

Definition: Nach Mauchly-Test: 1 = Sphärizität angenommen, 0 = nach Greenhouse-Geisser

Definition: S = Strecke, G = Geschlecht, Z = Zeitpunkt, * = Interaktion von Faktoren

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
S	0	2,814	283,189	,000	,896
S*G	0	2,814	3,184	,030	,088
Fehler (S)	0	92,857			
Z	1	2	106,491	,000	,763
Z*G	1	2	2,651	,078	,074
Fehler (Z)	1	66			
S*Z	0	6,576	10,107	,000	,234
S*Z*G	0	6,576	2,393	,025	,068
Fehler (S*Z)	0	217,022			

Der Tabelle kann entnommen werden, dass die Strecke einen signifikanten Einfluss auf die Tiefe des PAS zu haben scheint (Greenhouse-Geisser: $F(2.81/92.857) = 283.189$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .896$). Dies gilt ebenso für die Interaktion zwischen Strecke und Geschlecht, jedoch ist die Effektgröße hierfür um ein Vielfaches geringer (Greenhouse-Geisser: $F(2.81/92.857) = 3.184$, $p = .030$, $\eta_p^2 = .088$). Für den Zeitpunkt kann ebenfalls auf einen signifikanten Einfluss geschlossen werden (Sphärizität angenommen: $F(2/66) = 106.491$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .763$). Dies gilt laut der Ergebnisse allerdings nicht für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht (Sphärizität angenommen: $F(2/66) = 2.561$, $p = .078$, $\eta_p^2 = .074$). Für die Interaktion lässt sich laut p-Wert ebenfalls ein signifikantes Ergebnis auslesen (Greenhouse-Geisser: $F(6.576/217.022) = 10.107$, $p = .030$, $\eta_p^2 = .234$) - ebenso für die Interaktion zwischen allen drei Faktoren (Greenhouse-Geisser: $F(6.576/217.022) = 2.393$, $p = .025$, $\eta_p^2 = .068$).

Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung für jede Strecke:

Da im ersten Teil der Analyse mittels SPSS festgestellt wurde, dass es für die Tiefe des Posterior Airway Space eine entscheidende Rolle zu spielen scheint, an welcher Stelle dieser gemessen wird, soll im Folgenden auf die einzelnen Strecken genauer eingegangen werden. Hierzu wird ebenfalls eine Varianzanalyse mit Messwiederholung angewandt, diesmal jedoch für jede Strecke separat. Der Zeitpunkt wird dabei als Innersubjektfaktor eingetragen und das Geschlecht als Zwischensubjektfaktor. Somit kann beurteilt werden, ob ein signifikantes Wachstum der einzelnen Strecken vorliegt und inwiefern sich der Zeitpunkt und damit schlussendlich das Alter beziehungsweise die Wachstumsphase des Probanden auf die einzelnen Strecken auswirkt.

Post-hoc-Test mit Bonferroni Korrektur - paarweise Vergleiche:

Anschließende paarweise Vergleiche helfen, dies näher zu beleuchten. Denn allgemein ausgedrückt kann die Varianzanalyse aufzeigen, ob Unterschiede bestehen - paarweise Vergleiche geben an, wo diese Unterschiede zu finden sind. Bezogen auf die vorliegende Arbeit kann man auch formulieren: Anhand des ersten Abschnitts - der Varianzanalyse mit Messwiederholung (F-Test) wird untersucht ob Haupteffekte auf den PAS wirken. Im Folgenden soll dann mittels Post-hoc-Tests (t-Test) geklärt werden, wo signifikante Unterschiede unter den Zeitpunkten beziehungsweise zwischen den Geschlechtern bestehen. Dabei beziehen sich paarweise Vergleiche nur auf einen der Faktoren, Interaktionen spielen keine Rolle. Die Anwendung der Bonferroni-Korrektur soll die Möglichkeit falscher Annahmen minimieren. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Variablen besteht, wenn $p < .005$ (Alphaniveau von 5 %). Die Tabellen sind formatierte Auszüge aus SPSS. Jeder Vergleich wird in beide Richtungen durchgeführt, weshalb die gleichen Ergebnisse zweimal genannt sind. Lediglich die Ober- und Untergrenze sowie deren Vorzeichen und die der mittleren Differenz werden vertauscht. Die Markierung mit Sternchen an der Mittelwert-Differenz gibt neben der Angabe des p-Wertes zusätzlich den Hinweis auf einen signifikanten Unterschied.

3.4.2 PASspa-spp

Tabelle 25: VA PASspa-spp: Innersubjektfaktoren

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	PASspa-spp.t1
t2	PASspa-spp.t2
t3	PASspa-spp.t3

Tabelle 26: VA PASspa-spp: Zwischensubjektfaktoren

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	17
	w	19

Tabelle 27: VA PASspa-spp: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,953	2	,450	,955	1,000	,500

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass für den Zeitpunkt (Mauchly-W(2) = .953, $p = .450$) Sphärizität gegeben ist. Der Test ist nicht signifikant, da $p > .05$ ist.

Tabelle 28: VA PASspa-spp: Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Sphärizität angenommen	2	55,412	,000	,620
Zeitpunkt* Geschlecht	Sphärizität angenommen	2	4,305	,017	,112
Fehler (Zeitpunkt)	Sphärizität angenommen	68			

Der Tabelle kann entnommen werden, dass der Zeitpunkt einen signifikanten Einfluss auf die Tiefe des PAS auf Höhe des Spinaplanums zu haben scheint (Sphärizität angenommen: $F(2/68) = 55.412$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .620$). Dies gilt ebenso für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht, jedoch fällt die Effektgröße hierfür um einiges geringer aus (Sphärizität angenommen: $F(2 /68) = 4.305$, $p = .017$, $\eta_p^2 = .112$).

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 29a: VA PASspa-spp: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
m	w	27,101*	11,674	,026	3,376	50,825
w	m	-27,101*	11,674	,026	-50,825	-3,376

Der PAS auf Höhe Spinaplanums ist für Männer signifikant größer als für Frauen ($M_{Diff} = 27.101$, $p = .026$, 95%-CI[3.376, 50.825]).

Tabelle 29b: VA PASspa-spp: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Zeitpunkt		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
1	2	-40,650*	6,163	,000	-53,175	-28,124
	3	-67,023*	7,069	,000	-81,389	-52,657
2	1	40,650*	6,163	,000	28,124	53,175
	3	-26,373*	5,956	,000	-38,478	-14,268
3	1	67,023*	7,069	,000	52,657	81,389
	2	26,373*	5,956	,000	14,268	38,478

Die Tiefe des PAS zum Zeitpunkt t2 ist signifikant höher, als zum Zeitpunkt t1 ($M_{Diff} = 40.650$, $p < .001$, 95%-CI[28.124, 53.175]). Die sagittale Ausdehnung des PAS ist zum Zeitpunkt t3 signifikant größer, als zum Zeitpunkt t2 ($M_{Diff} = 26.373$, $p < .001$, 95%-CI[14.268, 38.478]). Der PAS hat sich im Zeitintervall von t1 zu t3 signifikant vergrößert ($M_{Diff} = 67.023$, $p < .001$, 95%-CI[52.657, 81.389]).

3.4.3 PASocc1

**Tabelle 30: VA PASocc1
Innersubjektfaktoren**

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	PASocc1_t1
t2	PASocc1_t2
t3	PASocc1_t3

**Tabelle 31: VA PASocc1:
Zwischensubjektfaktoren**

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	16
	w	20

Tabelle 32: VA PASocc1: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,974	2	,645	,974	1,000	,500

Der Mauchly-Test ist nicht signifikant, was darauf schließen lässt, dass Sphärizität gegeben ist (Mauchly-W(2) = .974, $p = .645$).

Tabelle 33: VA PASocc1: Test der Innersubjektfaktoren
df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Sphärizität angenommen	2	11,894	,000	,259
Zeitpunkt* Geschlecht	Sphärizität angenommen	2	,511	,602	,015
Fehler (Zeitpunkt)	Sphärizität angenommen	68			

Laut der Tabelle hat der Zeitpunkt einen sehr signifikanten Einfluss auf den PAS (Sphärizität angenommen: $F(2/68) = 11.894$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .259$). Dies gilt allerdings nicht für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht (Sphärizität angenommen: $F(2/68) = .511$, $p = .602$, $\eta_p^2 = .015$).

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 34a: VA PASocc1: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert- Diff.	Std.- Fehler	Sig.	Unter- grenze	Ober- grenze
m	w	-6,434	9,270	,492	-25,273	12,406
w	m	6,434	9,270	,492	-12,406	25,273

Männer und Frauen weisen laut Tabelle für die Strecke PASocc1 keinen signifikanten Unterschied auf. ($M_{Diff} = 6.434$, $p = .492$, 95%-CI[-12.406, 25.273]).

Tabelle 34b: VA PASocc1: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,
 Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant,
 für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

	Zeitpunkt	Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
1	2	-24,887*	5,938	,000	-36,954	-12,820
	3	-27,810*	6,749	,000	-41,527	-14,094
2	1	24,887*	5,938	,000	12,820	36,954
	3	-2,923	6,084	,634	-15,287	9,441
3	1	27,810*	6,749	,000	14,094	41,527
	2	2,923	6,084	,634	-9,441	15,287

PAS_{t2} ist signifikant größer PAS_{t1} (M_{Diff} = 24.887, p < .001, 95%-CI[12.820, 36.954]). Der PAS zum Zeitpunkt t3 ist jedoch nicht signifikant größer, als zum Zeitpunkt t2 (M_{Diff} = 2.923, p = .634, 95%-CI[-9.441, 15.287]). PAS_{t3} ist signifikant größer als PAS_{t1} (M_{Diff} = 27.923, p < .001, 95%-CI[14.094, 41.527]).

3.4.4 PASocc2

Tabelle 35: VA PASocc2:

Innersubjektfaktoren

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	PASocc2_t1
t2	PASocc2_t2
t3	PASocc2_t3

Tabelle 36: VA PASocc2:

Zwischensubjektfaktoren

N = Probandenanzahl

	N
Geschlecht m	17
w	20

Tabelle 37: VA PASocc2: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,619	2	,000	,724	,769	,500

Die Gleichheit der Varianzen ist im Falle der Strecke PASocc2 für den Zeitpunkt nicht gegeben, da Sigma kleiner als .005 ist (Mauchly-W(2) = .619, $p < .001$). Es muss also des Weiteren eine Korrektur der Freiheitsgrade vorgenommen werden. Da unter Greenhouse-Geisser $\epsilon = .724$ ($\epsilon < .75$) zu entnehmen ist, wird auf diese Korrektur zurückgegriffen.

Tabelle 38: VA PASocc2: Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Greenhouse- Geisser	1,449	32,349	,000	,480
Zeitpunkt* Geschlecht	Greenhouse- Geisser	1,449	1,557	,222	,043
Fehler (Zeitpunkt)	Greenhouse- Geisser	50,704			

Der Zeitpunkt scheint auch hier einen signifikanten Einfluss auf den PAS zu nehmen (Greenhouse-Geisser: $F(1.449/50.70) = 32.349$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .480$). Dies gilt jedoch nicht für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht (Greenhose-Geisser: $F(1.449/50.704) = 1.557$, $p = .222$, $\eta_p^2 = .043$).

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 39a: VA PASocc2: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
m	w	-4,638	8,507	,589	-21,909	12,632
w	m	4,638	8,507	,589	-12,632	21,909

Für die Strecke PASocc2 kann man anhand der Tabelle sagen, dass weder Männer noch Frauen einen signifikant größeren PAS zu haben scheinen. ($M_{\text{Diff}} = 4.638$, $p = .589$, 95%-CI[-12.632, 21.909]).

Tabelle 39b: VA PASocc2: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,

Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Zeitpunkt		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
1	2	-20,341*	2,960	,000	-27,784	-12,899
	3	-33,627*	5,257	,000	-46,848	-20,407
2	1	20,341*	2,960	,000	12,899	27,784
	3	-13,286*	4,099	,008	-23,594	-2,978
3	1	33,627*	5,257	,000	20,407	46,848
	2	13,286*	4,099	,008	2,978	23,594

PAS_{t2} ist signifikant größer PAS_{t1} ($M_{\text{Diff}} = 20.341$, $p < .001$, 95%-CI[12.899, 27.784]). Der PAS zum Zeitpunkt t3 ist ebenfalls signifikant größer, als noch zum Zeitpunkt t2 ($M_{\text{Diff}} = 13.286$, $p = .008$, 95%-CI[2.978, 23.594]). PAS_{t3} ist signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{\text{Diff}} = 33.627$, $p < .001$, 95%-CI[20.407, 46.848]).

3.4.5 PASme-go

Tabelle 40: VA PASme-go: Innersubjektfaktoren

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	PASme-go_t1
t2	PASme-go_t2
t3	PASme-go_t3

Tabelle 41: VA PASme-gp: Zwischensubjektfaktoren

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	17
	w	20

Tabelle 42: VA PASme-go: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,870	2	,093	,885	,955	,500

Der Mauchly-Test ist nicht signifikant, woraufhin anzunehmen ist, dass die Sphärizität gegeben ist (Mauchly-W(2) = .870, p = .093).

Tabelle 43: VA PASme-go: Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Sphärizität angenommen	2	36,745	,000	,512
Zeitpunkt* Geschlecht	Sphärizität angenommen	2	3,070	,053	,081
Fehler (Zeitpunkt)	Sphärizität angenommen	70			

Der Zeitpunkt hat laut Tabelle einen signifikanten Einfluss auf den Posterior Airway Space (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 36.745$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .512$). Für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht liegt der p-Wert ganz knapp über .05, weshalb nicht mehr von einem signifikanten Einfluss ausgegangen werden kann (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 3.070$, $p = .053$, $\eta_p^2 = .081$).

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 44a: VA PASme-go: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
m	w	-6,619	11,337	,563	-29,635	16,397
w	m	6,619	11,337	,563	-16,397	29,635

Für die Strecke PASocc2 kann kein signifikanter Größenunterschied des PAS zwischen Männern und Frauen nachgewiesen werden ($M_{Diff} = 6.619$, $p = .563$, 95%-CI[-16.397, 29.635]).

Tabelle 44b: VA PASme-go: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,

Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant,

für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Zeitpunkt		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
1	2	-30,879*	6,154	,000	-46,354	-15,405
	3	-46,597*	5,842	,000	-61,286	-31,908
2	1	30,879*	6,154	,000	15,405	46,354
	3	-15,718*	4,446	,004	-26,898	-4,538
3	1	46,597*	5,842	,000	31,908	61,286
	2	15,718*	4,446	,004	4,538	26,898

PAS_{t2} ist signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{Diff} = 30.879$, $p < .001$, 95%-CI[15.405, 46.354]). Auch ist der PAS zum Zeitpunkt t3 signifikant größer als zum Zeitpunkt t2 ($M_{Diff} = 15.718$, $p = .004$, 95%-CI[4.538, 26.898]). PAS_{t3} ist also signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{Diff} = 46.597$, $p < .001$, 95%-CI[31.908, 61.286]).

3.4.6 PASb-go

**Tabelle 45: VA PASb-go:
Innersubjektfaktoren**

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	PASb-go_t1
t2	PASb-go_t2
t3	PASb-go_t3

**Tabelle 46: VA PASb-go:
Zwischensubjektfaktoren**

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	17
	w	20

Tabelle 47: VA PASb-go: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,874	2	,101	,888	,959	,500

Die Sphärizität ist für den Zeitpunkt gegeben, da der Mauchly-Test nicht signifikant ist (Mauchly-W(2) = .874, $p = .101$).

Tabelle 48: VA PASb-go: Test der Innersubjektfaktoren
df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Sphärizität angenommen	2	36,257	,000	,509
Zeitpunkt* Geschlecht	Sphärizität angenommen	2	2,561	,084	,068
Fehler (Zeitpunkt)	Sphärizität angenommen	70			

Es scheint, als habe der Zeitpunkt einen sehr signifikanten Einfluss auf den PAS (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 36.257$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .509$). Für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht liegt der p-Wert über .05, es liegt also kein signifikantes Ergebnis vor (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 2.561$, $p = .084$, $\eta_p^2 = .068$).

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 49a: VA PASb-go: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert- Diff.	Std.- Fehler	Sig.	Unter- grenze	Ober- grenze
m	w	-6,767	11,444	,558	-30,000	16,466
w	m	6,767	11,444	,558	-16,466	30,000

Da $p = .558$ ist, scheint kein signifikanter Größenunterschied zwischen den Geschlechtern vorzuliegen. ($M_{\text{Diff}} = 6.767$, 95%-CI[-16.466, 30.000]).

Tabelle 49b: VA PASb-go: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,
Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma* = In Stufe ,05 signifikant,
für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

	Zeitpunkt	Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
1	2	-33,214*	6,804	,000	-50,323	-16,104
	3	-53,037*	6,855	,000	-70,274	-35,800
2	1	33,214*	6,804	,000	16,104	50,323
	3	-19,824*	5,056	,001	-32,537	-7,111
3	1	53,037*	6,855	,000	35,800	70,274
	2	19,824*	5,056	,001	7,111	32,537

PAS_{t2} ist signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{Diff} = 33.214$, $p < .001$, 95%-CI[16.104, 50.323]). Auch ist der PAS zum Zeitpunkt t3 signifikant größer als zum Zeitpunkt t2 ($M_{Diff} = 19.824$, $p = .001$, 95%-CI[7.111, 32.537]). Folglich ist PAS_{t3} signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{Diff} = 53.037$, $p < .001$, 95%-CI[35.800, 70.274]).

3.4.7 UvulaL

Tabelle 50: VA UvulaL: Innersubjektfaktoren

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	UvulaL_t1
t2	UvulaL_t2
t3	UvulaL_t3

Tabelle 51: VA UvulaL: Zwischensubjektfaktoren

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	17
	w	20

Tabelle 52: VA UvulaL: Test auf Sphärizität

Innersubjekt-effekt	Mauchly-W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Unter-grenze
Zeitpunkt	,972	2	,618	,973	1,000	,500

Der vorangehenden Tabelle lässt sich entnehmen, dass die Sphärizität nicht verletzt ist (Mauchly-W(2) = .972, p = .618).

Tabelle 53: VA UvulaL: Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Sphärizität angenommen	2	34,201	,000	,494
Zeitpunkt* Geschlecht	Sphärizität angenommen	2	,781	,462	,022
Fehler (Zeitpunkt)	Sphärizität angenommen	70			

Anhand der Tabelle kann man sagen, dass der Zeitpunkt einen sehr signifikanten Einfluss auf die Länge der Uvula zu haben scheint (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 34.201$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .494$). Für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht wird kein signifikantes Ergebnis erwartet (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 0.781$, $p = .462$, $\eta_p^2 = .022$).

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 54a: VA UvulaL: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert- Diff.	Std.- Fehler	Sig.	Unter- grenze	Ober- grenze
m	w	13,395	9,635	,173	-6,166	32,956
w	m	-13,395	9,635	,173	-32,956	6,166

Laut dem ermittelten Wert für Sigma ist die Uvula bei keinem der beiden Geschlechter signifikant länger ($M_{Diff} = 13.395$, $p = .173$, 95%-CI[-6.166,32.956]).

Tabelle 54b: VA PASUvulaL: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,
 Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant,
 für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

	Zeitpunkt	Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Unter-grenze	Ober-grenze
1	2	-8,169	4,882	,310	-20,446	4,108
	3	-36,395*	4,717	,000	-48,257	-24,533
2	1	8,169	4,882	,310	-4,108	20,446
	3	-28,226*	4,229	,000	-38,860	-17,593
3	1	36,395*	4,717	,000	24,533	48,257
	2	28,226*	4,229	,000	17,593	38,860

Zwischen den Zeitpunkten t2 und t1 ist der PAS nicht signifikant angestiegen. ($M_{Diff} = 8.169$, $p = .310$, 95%-CI[-4.108, 20.446]). Der PAS zum Zeitpunkt t3 ist laut angegebenen p-Wert jedoch signifikant größer als zum Zeitpunkt t2 ($M_{Diff} = 28.226$, $p < .001$, 95%-CI[17.111, 38.860]). Der PAS_{t3} ist damit auch signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{Diff} = 36.395$, $p < .001$, 95%-CI[24.533, 48.257]).

3.4.8 UvulaB

Tabelle 55: VA UvulaB:

Innersubjektfaktoren

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Tabelle 56: VA UvulaB:

Zwischensubjektfaktoren

N = Probandenanzahl

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	UvulaB_t1
t2	UvulaB_t2
t3	UvulaB_t3

		N
Geschlecht	m	17
	w	20

Tabelle 57: VA UvulaB: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,912	2	,207	,919	,995	,500

Der Test ist nicht signifikant, was darauf weist, dass die Sphärizität nicht verletzt wurde (Mauchly-W(2) = .912, $p = .207$).

Tabelle 58: VA UvulaB: Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Sphärizität angenommen	2	2,764	,000	,073
Zeitpunkt* Geschlecht	Sphärizität angenommen	2	1,071	,348	,030
Fehler (Zeitpunkt)	Sphärizität angenommen	70			

Weder für den Zeitpunkt (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 2.764$, $p = .070$, $\eta_p^2 = .073$) noch für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht (Sphärizität angenommen: $F(2/70) = 1.071$, $p = .348$, $\eta_p^2 = .030$) kann aufgrund der Ergebnisse auf einen signifikanten Einfluss auf die Dicke der Uvula geschlossen werden. Die Faktoren scheinen keinen signifikanten Einfluss zu nehmen.

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 59a: VA UvulaB: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
m	w	2,417	3,395	,481	-4,474	9,309
w	m	-2,417	3,395	,481	-9,309	4,474

Die Dicke der Uvula ist bei keinem der beiden Geschlechtern signifikant stärker ausgeprägt ($M_{\text{Diff}} = 2.417$, $p = .481$, 95%-CI[-4.474, 9.309]).

Tabelle 59b: VA UvulaB: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,

Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant,

für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Zeitpunkt		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
1	2	2,778	2,014	,530	-2,287	7,844
	3	-2,831	2,625	,864	-9,432	3,769
2	1	-2,778	2,014	,530	-7,844	2,287
	3	-5,610	2,476	,089	-11,835	,616
3	1	2,831	2,625	,864	-3,769	9,432
	2	5,610	2,476	,089	-,616	11,835

Für die Dicke der Uvula lässt sich zwischen keinem der Zeitpunkte ein signifikanter Unterschied nachweisen – alle p-Werte sind größer als .005. (PAS_{t2:t1}: $M_{\text{Diff}} = -2.778$, $p = .530$, 95%-CI[-7.88, 2.287], PAS_{t3:t2}: $M_{\text{Diff}} = 5.610$, $p = .089$, 95%-CI[-.616, 11.835], PAS_{t3:t1}: $M_{\text{Diff}} = 2.831$, $p = .864$, 95%-CI[-3.769, 9.432]) Das bedeutet, dass von keinem signifikanten Wachstum der Uvula-Dicke über den gesamten Zeitraum hinweg ausgegangen werden kann.

3.4.9 PASpost

**Tabelle 60: VA PASpost:
Innersubjektfaktoren**

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	PASpost_t1
t2	PASpost_t2
t3	PASpost_t3

**Tabelle 61: VA PASpost:
Zwischensubjektfaktoren**

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	17
	w	20

Tabelle 62: VA PASpost: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,696	2	,002	,767	,818	,500

Der Test ist signifikant (Mauchly-W(2) = .696, $p < .001$), weshalb bei weiteren Berechnungen ein korrigierender Faktor verwendet werden sollte. Da Epsilon von Greenhouse-Geisser mit $\epsilon = .767$ größer als 0,75 ist, wird auf die Korrektur mittels Huynh-Feldt zurückgegriffen.

Tabelle 63: VA PASpost: Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Huynh- Feldt	1,636	81,044	,000	,698
Zeitpunkt* Geschlecht	Huynh- Feldt	1,636	1,963	,148	,053
Fehler (Zeitpunkt)	Huynh- Feldt	57,268			

Anhand der Tabelle kann man sagen, dass der Zeitpunkt einen signifikanten Einfluss auf den PAS zu haben scheint (Huynh-Feldt: $F(1.636/57.268) = 81.044$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .698$). Das Ergebnis für die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht ist nicht signifikant (Huynh-Feldt: $F(1.636/57.268) = 1.968$, $p = .148$, $\eta_p^2 = .053$).

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 64a: VA PASpost: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
m	w	21,664*	9,227	,025	2,933	40,395
w	m	-21,664*	9,227	,025	-40,395	-2,933

Für die Strecke PASpost lässt sich anhand der Tabelle sagen, dass der PAS bei den Männern signifikant größer zu sein scheint als bei den Frauen ($M_{Diff} = 21.664$, $p = .025$, 95%-CI[2.933, 40.395]).

Tabelle 64b: VA PASpost: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,

Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant,

für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Zeitpunkt		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
1	2	-28,390*	3,911	,000	-38,224	-18,555
	3	-54,833*	5,346	,000	-68,277	-41,390
2	1	28,390*	3,911	,000	18,555	38,224
	3	-26,444*	3,434	,000	-35,079	-17,809
3	1	54,833*	5,346	,000	41,390	68,277
	2	26,444*	3,434	,000	17,809	35,079

PAS_{t2} ist signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{Diff} = 28.390$, $p < .001$, 95%-CI[18.555, 38.224]). Auch PAS_{t3} ist im Vergleich zu PAS_{t2} signifikant angestiegen ($M_{Diff} = 26.444$, $p < .001$, 95%-CI[17.809, 35.079]). Der PAS_{t3} ist laut diesen Ergebnissen also unweigerlich signifikant größer als PAS_{t1} ($M_{Diff} = 54.833$, $p < .001$, 95%-CI[41.390, 68.277]).

3.4.10 PASmin

Tabelle 65: VA PASmin:

Innersubjektfaktoren

Die abhängige Variable umfasst die jeweils gemessene Strecke zu den Zeitpunkten t1, t2 und t3.

Zeitpunkt	Abhängige Variable
t1	PASmin_t1
t2	PASmin_t2
t3	PASmin_t3

Tabelle 66: VA PASmin:

Zwischensubjektfaktoren

N = Probandenanzahl

		N
Geschlecht	m	17
	w	20

Tabelle 67: VA PASmin: Test auf Sphärizität

Innersubjekt- effekt	Mauchly- W	df	Sig.	Epsilon		
				Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Zeitpunkt	,827	2	,040	,852	,917	,500

Auch hier liegt aufgrund eines signifikanten Testergebnisses wahrscheinlich keine Gleichheit der Varianzen vor (Mauchly-W(2) = .827, $p = .040$). Es wird die Korrektur nach Huynh-Feldt verwendet, da für Greenhouse-Geisser $\epsilon = .852$ ausgelesen werden kann.

Tabelle 68: VA PASmin: Test der Innersubjektfaktoren

df = Freiheitsgrade, F = F-Wert, Sig. = Sigma

Faktor	Nach Mauchly-Test	df	F	Sig.	Part. Eta- Quadrat
Zeitpunkt	Huynh- Feldt	1,835	45,721	,000	,566
Zeitpunkt* Geschlecht	Huynh- Feldt	1,835	6,332	,004	,153
Fehler (Zeitpunkt)	Huynh- Feldt	64,211			

Sowohl der Zeitpunkt (Huynh-Feldt: $F(1.835/64.211) = 45.721$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .566$) als auch die Interaktion zwischen Zeitpunkt und Geschlecht (Huynh-Feldt: $F(1.835/64.211) = 6.332$, $p = .004$, $\eta_p^2 = .153$) haben den Ergebnissen nach zu urteilen einen signifikanten Einfluss auf den PAS. Die Effektgröße für die Strecke allein ist jeddoch um Einiges höher.

Post-hoc-Test - Paarweise Vergleiche

Tabelle 69a: VA PASmin: Post-hoc-Test – Nach Geschlecht

m = männlich, w = weiblich, Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma,

* = In Stufe ,05 signifikant, für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Geschlecht		Mittelwert- Diff.	Std.- Fehler	Sig.	Unter- grenze	Ober- grenze
m	w	-11,162	12,265	,369	-36,061	13,738
w	m	11,162	12,265	,369	-13,738	36,061

Für die Strecke PASmin kann von keinem signifikanten Größenunterschied zwischen den Geschlechtern ausgegangen werden ($M_{Diff} = 11.162$, $p = .369$, 95%-CI[-13.738, 36.061]).

Tabelle 69b: VA PASmin: Post-hoc-Test – Nach Zeitpunkt

1 = Zeitpunkt t1, 2 Zeitpunkt t2, 3 Zeitpunkt t3,
 Diff. = Differenz, Std. = Standard, Sig. = Sigma, * = In Stufe ,05 signifikant,
 für Untergrenze-Obergrenze gilt: 95% Konfidenzintervall für Differenz

Zeitpunkt		Mittelwert-Diff.	Std.-Fehler	Sig.	Untergrenze	Obergrenze
1	2	-44,530*	6,798	,000	-61,624	-27,437
	3	-59,759*	7,414	,000	-78,401	-41,118
2	1	44,530*	6,798	,000	27,437	61,624
	3	-15,229*	5,038	,014	-27,896	-2,562
3	1	59,759*	7,414	,000	41,118	78,401
	2	15,229*	5,038	,014	2,562	27,896

PAS_{t2} ist mit einem p-Wert von < .001 signifikant größer als PAS_{t1} (M_{Diff} = 44.530, 95%-CI[27.437, 61.624]). Auch PAS_{t3} ist signifikant tiefer als PAS_{t2} (M_{Diff} = 15.229, p = .014, 95%-CI[2.562, 27.896]). Der PAS_{t3} ist somit signifikant größer als PAS_{t1} (M_{Diff} = 59.759, p < .001, 95%-CI[41.118, 78.401]).

Fazit: Während der erfassten Zeiträume konnte mit Ausnahme der Uvula-Dicke für alle Messstrecken signifikantes Wachstum nachgewiesen werden. Im Gegensatz zum Zeitpunkt scheint das Geschlecht der Probanden eine eher untergeordnete Rolle zu spielen. Ein signifikanter Einfluss konnte hier nur für die Strecken PAS_{spa-spp} und PAS_{post} festgestellt werden.

4. Diskussion

4.1 Systematische Fehler

Systemische Fehler unterscheiden sich von zufälligen Fehlern und können sehr vielseitige Ursachen haben. Sie erzeugen eine Verschiebung der Ergebnisse zu einer Seite und lassen sich meist bei gleichen Bedingungen reproduzieren. Bei bekannter Ursache könnten sie vermieden werden. Auftreten können diese Fehler während des gesamten Entstehungsprozesses einer Arbeit. Durch Fehlerfortpflanzung können sie die Endergebnisse beeinflussen (Golder 2017). Schon bei der Planung und Durchführung dieser Arbeit hätten systemische Fehler auftreten können. Zum Beispiel durch eine abweichende Kopfhaltung der Probanden oder Geräteeinstellung während der Erstellung der Röntgenaufnahme; Während der Vermessung der FRS durch die individuelle Punktsetzung der durchzeichnenden Person, Limitationen durch die Computerprogramme oder Umgebungsverhältnisse des Befundungsplatzes; Im Verlauf der Auswertung durch Rundungsfehler und bei der Literaturrecherche aufgrund der Erwartungshaltung des Verfassers. Im Folgenden soll auf die einzelnen Bereiche und möglichen Fehlerquellen genauer eingegangen werden.

4.2. Diskussion der Methode

4.2.1. Probandenauswahl

In der Literatur findet man viele Studien, deren Probandenkollektiv anhand dentaler Kriterien ausgewählt wurde. Gesunde Probanden (meist aus Kontrollgruppen), werden mit „idealer“ oder „exzellenter“ Okklusion beschrieben (Stahl 2008). Von Stahl erwähnte Beispiele wären: Baccetti et al. (1997), Broadbent et al. (1977), oder Ursi et al. (1993). Es wurden Kriterien wie eine „ideale“ oder „normale“ Okklusion genannt und sich auf die Bolton Standards berufen (Baccetti et al. 1997; Broadbent et al. 1977; Ursi et al. 1993). Skelettale und dentale Anomalien können kombiniert oder isoliert vorliegen (Kahl-Nieke 2010).

In der vorliegenden Studie wurde bei der Selektion des Probandenmaterials

primär Wert auf die skelettalen Gegebenheiten gelegt. Man wollte sich hiermit innerhalb einer Thematik bewegen: Da die Lage von Unterkiefer, Hyoid und Zunge Einfluss auf den PAS zu haben scheint und da das Alter auch anhand skelettaler Gegebenheiten mittels der CVM-Methode bestimmt wurde.

Laut den Angaben aus Rostock wurden die Probanden der vorliegenden Studie als „gesund“ und „kieferorthopädisch unbehandelt“ bezeichnet. Um zusätzlich orthognathe Verhältnisse nachweisen zu können, wurden die Winkel SNA, SNB und ANB anhand einer Kephalometrie bestimmt. Die Rahmenkriterien wurden anhand der Werte nach Segner und Hasund festgelegt. In der Auswertung wurden harmonische Verhältnisse (ANB) gegenüber Einzelwerten von SNA und SNB bevorzugt (Segner und Hasund 2003).

4.2.2. Probandenzahl

Die Probandenzahl in dieser Studie beträgt 40 Personen und wird durch die erhaltenen Unterlagen aus Rostock begrenzt. Viele medizinische Studien bewegen sich in diesem Spektrum. Weitere Anfertigung von Röntgenaufnahmen bedarf heutzutage laut Strahlenschutzverordnung einer rechtfertigenden Indikation (StrlSchV 2018). Dabei ist allgemein bekannt, dass Röntgenstrahlung eine besondere Gefährdung bei Kindern und Heranwachsenden dargestellt (Schulze 2019). Im Falle dieser Arbeit wäre eine rechtfertigende Indikation zum Röntgen gesunder Heranwachsender ausschließlich zum Zweck der Forschung nicht gegeben. Auf den Seiten 21 und 22 kann dazu nachgelesen werden.

4.2.3. Verwendung der FRS zur Beurteilung des PAS

Das ALARA-Prinzip (aus dem Englischen = „As low as reasonably achievable“) gibt an, dass man für den gewünschten Erkenntnisgewinn das Verfahren mit der geringsten Strahlenbelastung verwenden soll (Pasler 2003). Eine Fernröntgen-seitenaufnahme liegt in ihrer effektiven Dosis ca. bei 5,6 μSv (Schulze 2019). Bei einem DVT wirken im Mittel 106,2 μSv und ein Schädel-CT schlägt mit etwa 795,7 μSv zu Buche Schulze. Schulze gibt an: „Effektive Dosis DVT $\approx 10\times$ Effektive

Dosis PSA \approx 100× Effektive Dosis Intraoral-Aufnahme“ (Schulze, 2019). Die im Vergleich geringe Strahlenbelastung spricht hier also für die Verwendung von FRS anstelle von DVT oder Schädel-CT. In anderen Studien werden alle diese Techniken (und auch das MRT) verwendet, um den PAS zu vermessen (Gottsauner-Wolf et al. 2018).

Nachteil kann jedoch ein Informationsverlust sein, da es sich bei der Fernröntgen-seitenaufnahme um eine zweidimensionale Technik handelt, der Pharynx und die umliegenden Strukturen aber dreidimensionale Objekte sind (Schulze 2019). Pradel et al. stellen 2000 zur Diskussion, dass mehrdimensionale Untersuchungen von FRS eventuell einen größeren Informationsgehalt bereitstellen könnten (Pradel et al. 2000).

Kritik an dem Vorgehen Größenveränderungen mittels zweier Punkte oder Winkel zu erfassen, kommt von Moyers und Bookstein (1979). Sie begründen ihren Standpunkt damit, dass translatorische Bewegungen nicht ausreichend erfasst werden könnten (Moyers und Bookstein 1979). Dazu passend ein Zitat von Stahl (2008): Es „lässt sich das skelettale Wachstum nicht an wenigen Parametern nachweisen. Erst die Betrachtung der Summe vieler Einzeldaten wird der Komplexität der Beurteilung von Wachstum gerecht“ (Stahl 2008). Bei morphologisch bedingten Obstruktionen wären Methoden mit höherer Abbildungsstärke zu bevorzugen (Rose et al. 2002).

Aber auch Aspekte wie die praktische Durchführbarkeit und Wirtschaftlichkeit werden bei der Wahl des untersuchenden Mittels mit einbezogen. Beispielsweise kann eine FRS die ohnehin im Zuge einer Behandlungsplanung erstellt wurde, für weitere Untersuchungen herangezogen werden.

Nachteile und Limits der alternativen Methoden: Das CT bringt ein Vielfaches an Strahlenbelastung für den Untersuchten mit sich. Zudem kann es zu Überlagerungsartefakten kommen, die zum Beispiel aufgrund von Projektionen festsitzenden Zahnersatzes aus Metall entstehen. Das MRT ist in Bezug auf die wirtschaftlichen Aspekte weitaus kostenintensiver und aufgrund der langen Untersuchungszeit anfällig für Bewegungsartefakte (Greess et al. 2002).

Hudgel und Hendricks kamen 1988 ganz ohne ionisierende Strahlung aus, indem sie nasal eingeführte Katheter verwendeten und damit Druckmessungen auf mehreren Ebenen des Pharynx durchführten (Hudgel und Hendricks 1988). Hierbei handelt es sich allerdings um ein recht invasives Verfahren, das zudem ausreichende Compliance voraussetzt.

4.2.4 Qualität der zugrundeliegenden FRS

Fokus-Film-Abstand: Die Fernröntgenseitenaufnahmen, die dieser Studie zugrunde liegen, wurden mit einem Fokus-Film-Abstand von 3,3 m hergestellt. Ein in der Literatur üblicher Wert beträgt 1,5 m. Dieser Umstand kann dem vorliegenden Bildmaterial positiv zugerechnet werden, denn ein größerer Fokus-Film-Abstand sorgt für mehr Parallelität der Röntgenstrahlen und minimiert so Parallaxefehler und Doppelkonturen. Dies verbessert die Bildqualität (Pasler 2003; Hochban 2008).

Positionierung der Probanden: Die Qualität der dieser Studie zugrunde liegenden FRS fiel unterschiedlich aus. Qualitätsmängel bei FRS-Aufnahmen lassen sich beispielsweise über mangelnde Bildschärfe, Doppelkonturen, suboptimale Einblendung oder auch über eine fehlerhafte Ausrichtung der Frankfurter Horizontalen identifizieren. Ersteres kann an der Einstellung des Gerätes liegen, die beiden anderen Punkte vor allem durch eine nicht korrekte Lagerung des Patienten auftreten. Die Probandenpositionierung zur Erstellung der vorliegenden FRS sollte - laut der Rostocker Wachstumsstudie - mit „natürlicher Kopfhaltung“ erfolgt sein (Stahl 2008). Retrospektiv lässt sich die genaue Durchführung schlecht beurteilen. Laut Pae et al. wissen wir, dass die Ausrichtung anhand der Frankfurter Horizontalen zu empfehlen ist (Pae et al. 1994). Diese Abweichungen könnten unter Umständen Auswirkungen auf die Resultate einer Studie haben, denn die Lage des Unterkiefers, der Zunge, des Hyoids und der Uvula üben mitunter Einfluss auf die Ausdehnung des PAS aus. Alle diese Strukturen könnten bei nach hinten gekipptem Kopf ebenfalls nach posterior verlagert sein und den PAS so fälschlicherweise für den Moment verkleinern

(Rose et al. 2002; Pae et al. 1994; Hudgel und Hendricks 1988; Pradel et al. 2000). Le Huec et. al untersuchten 2015 die Kopfhaltung in Zusammenhang mit dem Winkel der Halswirbelsäule (Le Huec et al. 2015). Pae et al. untersuchten 1994 Patienten mit Schlafapnoe mittels FRS-Analyse im Stehen und im Liegen und beschrieben auftretende Unterschiede (Pae et al. 1994) .

4.2.5 Art der kephalometrischen Methode

Die Bestimmung des Posterior Airway Space (PAS) stützt sich auf Punkte und Ebenen aus der Kephhalometrie. Die genaue Methode legten die Betreuer dieser Arbeit fest. Sie ist mit der Literatur vergleichbar. Die wahrscheinlich wichtigsten Werte des PAS werden auf Höhe des Spinaplanums, des Okklusplanums und des Mandibularplanums gemessen und wurden unter anderem auch von Hourfar et al., Rose et al. und Hochban et al. bestimmt (Hourfar et al. 2017; Rose et al. 2003; Hochban et al. 1994;).

Der in dieser Arbeit am weitesten caudal gemessene Wert wurde an der engsten Stelle über der Glottis vermessen. Auch Großmann gibt Werte für die schmalste Stelle des Pharynx an (Großmann 2002). Generell variiert die genaue Position dieser Messstrecke in der Literatur aber sehr. Autoren wie Hourfar et al., Kinzinger et al. oder Meißner verwenden den unteren Rand der Wirbelkörper als Orientierungspunkt (Hourfar et al. 2017; Kinzinger et al. 2011; Meißner 2012). Prodinge misst für ihre Promotionsarbeit in 2 cm Abständen ausgehend von der Oberkieferbasisebene (Prodinge 2014).

Messwerte für die Länge und die dickste Stelle der Uvula sind zum Beispiel bei Oz et al., Albajalan et al., Banhiran et al., Arslan et al. und Spindler nachzulesen (Oz et al. 2013; Albajalan et al. 2011; Banhiran et al. 2012; Arslan et al. 2007; Spindler 2012). Hamans et al. gingen noch einen Schritt weiter und untersuchten die Ausdehnung der Uvula anhand von Resektaten, die bei Uvulopalato-pharyngoplastiken gewonnen wurden (Hamans et al. 2000).

4.2.6 Setzen der kephalometrischen Bezugspunkte

Houston et al. fanden schon früh heraus, dass die wohl häufigste Fehlerquelle bei der der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern die Punktsetzung sei (Houston et al. 1986). Die Problematik der Subjektivität der Punktsetzung innerhalb kephalometrischer Analysen beschäftigt Autoren dabei schon lange. Perillo et al. bezeichnen die Punktsetzung von kraniofazialen Strukturen als „fehlerbehaftet“ (Perillo et al. 2000). Hixon erachtet die Datenerfassung trotz ihrer nicht perfekten Präzision als sehr wichtig, denn nur aufgrund steigender Informationsdichte könne man ein besseres Verständnis des Wachstums entwickeln (Hixon 1956).

4.2.7. CVM-Methode zur Bestimmung der Wachstumsphase

Bekanntlich stimmen chronologisches, skelettales und dentales Alter nicht zwingend überein. Möchte man einschätzen, in welcher Wachstumsphase sich ein Proband befindet, stehen verschiedene Techniken zur Verfügung. Aus dentaler Sicht kann die Phase der Dentition Aufschluss geben, aus skelettaler eine kephalometrische Analyse (Lehmann et al. 2012; Kahl-Nieke 2010). Um zusätzlich eine unabhängige Einschätzung über die skelettale Wachstumsphase der Probanden treffen zu können, wurde in der vorliegenden Arbeit die Methode der Cervical Vertebral Maturation (CVM) zur Hilfe genommen. Da die oberen Wirbelkörper Teil einer FRS sind und diese als Datengrundlage für eine kephalometrische Analyse schon vorhanden ist, ist es ein Leichtes, sie ebenso für die Einschätzung des skelettalen Patientenalters und der aktuellen Wachstumsphase heranzuziehen. Es entstehen keine weiteren zeitlichen oder wirtschaftlichen Aufwendungen und der Patient wird keiner zusätzlichen Strahlenbelastung ausgesetzt. Als eine alternative Technik ist die Handröntgenaufnahme bekannt. Nach Isaacson et al. sollte jedoch der FRS der Vorzug gegeben werden. Neben den oben genannten Gründen beschreiben Isaacson und seine Kollegen die Handröntgenaufnahme zumal als zu ungenaue Methode (Isaacson et al. 2015).

4.2.8. Reproduzierbarkeit der Messergebnisse

Zur Kontrolle der Wiederholbarkeit und Genauigkeit der Messergebnisse wurden, wie schon im Abschnitt zur Methodik genau erläutert, Kontrollmessungen durchgeführt. Diese Werte sind im Anhang auf der Seite 132 nachzulesen.

Auf einen zweiten Durchzeichner wurde bei dieser Arbeit bewusst verzichtet. Studien, die die Ergebnisse mehrerer Durchzeichner von 2D und 3D Bildmaterial verglichen, kommen zu unterschiedlichen Aussagen (Chien et al. 2009, Hartmann 2010).

4.2.9. Statistische Auswertung

Während der Verarbeitung von Daten können statistische Fehler auftreten. Dies soll durch die Zusammenarbeit mit mindestens einer fachkundigen Person und die richtige Auswahl der statistischen Tests und der passenden Computerprogramms minimiert bis nahezu ausgeschlossen werden. Fehler 1. Ordnung (oder auch Alpha-Fehler) treten auf, wenn die Nullhypothese verworfen wird, diese tatsächlich aber der Wahrheit entspricht. Fehler 2. Ordnung (oder auch Beta-Fehler) treten auf, wenn die Alternativhypothese wahr ist, die Nullhypothese aber nicht zurückgewiesen wurde. In den Abschnitten zum Material und Methodik sowie der Auswertung sind hierzu ausführliche Ausführungen nachzulesen (Ludwig Fahrmeir et al.).

4.3. Diskussion der Ergebnisse

4.3.1 Fehleranalyse

Wie auf Seite 77 bis 79 mit Hilfe des Shapiro-Wilk Tests erarbeitet wurde, liegt für drei aus insgesamt 81 Fällen keine Normalverteilung der Daten vor. Dies betrifft bei den weiblichen Probanden die Strecke UvulaL zu den Zeitpunkten t2 und t3 und bei den männlichen Probanden die Strecke PASmin zum Zeitpunkt t3. Aus diesem Grund kann die Aussagekraft der Ergebnisse aus den paarweisen Vergleichen des Geschlechts bei eben diesen Strecken angezweifelt werden. Hier soll eine Fehleranalyse Abhilfe schaffen. Erstens sollte an den betreffenden

Stellen untersucht werden, weshalb keine Normalverteilung vorliegt und zum anderen, ob sich daraus Auswirkungen auf die Ergebnisse ergeben.

Zum einen könnte dies an der Anfertigung und Auswertung des Untersuchungsmaterials, aber auch an der Stichprobengröße liegen. Diese Punkte sollen an anderer Stelle im Diskussionsteil näher behandelt werden .

Betrachtet man die Messergebnisse anhand der Boxplots auf den Seiten 63 bis 75, so fällt visuell auf: Bei der Strecke UvulaL zum Zeitpunkt t2 der weiblichen Probanden ist der Median ($Q(2) = 25.3$ mm) stark nach oben verschoben, was auf eine Schiefe der Daten hindeutet. Dies wirft den Verdacht auf, dass hier Ausreißer das Gesamtergebnis verfälschen könnten. Ein hoher Median weist darauf hin, dass mehr Probanden einen hohen Messwert besitzen. Ist der Mittelwert dagegen sehr viel niedriger, kann dieser also durch einzelne Probanden mit besonders niedrigen Werten beeinflusst worden sein. Als Ausreißer wurden daraufhin H1: t2 = 20.4 mm und H35: t2 = 20.4 mm identifiziert.

Die Untersuchung der weiteren auffälligen Stellen bezüglich besonders groß oder klein ausfallender Minimal- und Maximalwerte ergibt: Die mit den Nummern *1 (H1: t3 = 21.3 mm) und *17 (H35: t3 = 20.0 mm) markierten Ausreißer unterscheiden sich stark vom Median ($Q(2) = 27.3$ mm). Dies gilt auch für die männlichen Probanden zum Zeitpunkt t1 an der Strecke PASmin. Die mit den Nummern *28 (H14: t1 = 14.8 mm) und *29 (H15: t1 = 12.3 mm) markierten Werte unterscheiden sich hier ebenfalls deutlich vom Median ($Q(2) = 6.2$ mm).

Sortiert man diese Werte aus den genannten Gründen temporär aus und wiederholt die Varianzanalyse mit paarweisen Vergleichen, so kann man die Ergebnisse miteinander vergleichen. Es zeigt sich dann, ob ein Unterschied in der Aussage besteht:

Fehleranalyse für UvulaL(w): Nach Korrektur der Bemessungsgrundlage, gibt SPSS die Werte $p_{t2} = .108$, $p_{t3} = .952$ für den Shapiro-Wilk Test aus. Dies bedeutet, dass nun eine Normalverteilung gegeben ist. Der p-Wert bei den paarweisen Vergleichen unter den Geschlechtern steigt auf dieser Grundlage von $p = .173$ auf $p = .325$. Das Ergebnis ist somit weiterhin nicht signifikant. Durch die Korrektur ändert sich also die Aussage nicht. Folglich besteht an dieser Stelle kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied.

Fehleranalyse für PASmin(m): Der Shapiro-Wilk Test gibt nach Korrektur einen Wert von $p_{t1} = .093$ an, was auf eine Normalverteilung der Daten weist. Der p-Wert bei den paarweisen Vergleichen sinkt von $p = .369$ auf $p = .182$, der Test wird dadurch aber nicht signifikant. Durch die Korrektur ändert sich auch hier die Aussage nicht. Es kann also auch an dieser Stelle weiterhin kein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied nachgewiesen werden.

4.3.2 Vergleich mit der Literatur

In der Literatur sind nur wenige Arbeiten aus Deutschland zu finden, die Angaben über die Maße des Posterior Airway Space bei gesunden Probanden machen. In diesen beiden Studien findet man dazu Ergebnisse in den Kontrollgruppen:

a) Rose et al. befassten sich 2003 mit 33 Patienten die aufgrund einer Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte operiert wurden. Verglichen werden die Ergebnisse mit 20 Probanden ohne pathologischen Befund. Die Untersuchungen fanden im Probandenalter von 6.3 bis 17.2 Jahren statt, das Durchschnittsalter lag bei 12.3 Jahren. (Rose et al. 2003)

b) Hochban et al. beschrieben 1994 Messungen an 540 Personen, bei denen ein obstruktives Schlafapnoe-Syndrom bekannt ist und setzen diesen eine Kontrollgruppe von 120 Probanden ohne Vorliegen einer Atemstörung gegenüber. Die Patienten mit Syndrom waren durchschnittlich 48 Jahre und die der Kontrollgruppe durchschnittlich 44 Jahre alt (Hochban et al. 1994).

Für die vorliegende Studie wurden ursprünglich Fernröntgenseitenaufnahmen von 40 Probanden (21 weiblichen und 19 männlichen) vermessen, wobei diese in nicht regelmäßigen Abständen während des Wachstums wiederholt wurden. Die weiblichen Probanden waren während der ersten Aufnahme mindestens 6.1 Jahre alt, bei der letzten Aufnahme maximal 24.2 Jahre. Das minimale und maximale Probandenalter der männlichen Personen betrug 6.2 beziehungsweise 24.3 Jahre. Aufgrund der im Vorfeld schon genau beschriebenen Methodik, wurden die Daten von insgesamt drei Probanden nicht weiter einbezogen und eine Einteilung in drei Wachstumsphasen anhand der CVM-Methode vorgenommen. Da die Zeitpunkte anhand der Wachstumsphase bestimmt wurden, kann das Probandenalter etwas variieren. Für den Zeitpunkt t1 lag ein ungefähres Alter von

7 Lebensjahren vor. Zum Zeitpunkt t2 waren die Probanden ca. 9 bis 9.5 Jahre alt und zum Zeitpunkt t3 entsprach das Alter am ehesten 12 bis 13 Jahren. Da das Alter der Probandengruppen unter den Studien nicht identisch ist, lassen sich die Ergebnisse nur bedingt vergleichen. Noch am besten, lassen sich die Werte dieser Arbeit mit denen von Rose et al. gegenüberstellen. Für den Vergleich der Messwerte von Hochban et al. käme am ehesten noch t3 in Betracht.

Tabelle 70: Diskussion der Ergebnisse: Ergebnisse dieser Studie

t1,t2,t3 = Definierte Zeitpunkte, F/M = nicht geschlechtsspezifisch, X = Mittelwert der Messergebnisse, SD = Standardabweichung, n = Probandenzahl (der in Klammer angegebene Wert gibt die verminderte Probandenzahl an und resultiert aus nicht vorliegenden Messwerten), alle Messwerte sind in Millimetern angegeben

Strecke	Zeitpunkt	F/M		Frauen		Männer	
		X	SD	X	SD	X	SD
PASspa-spp	t1	11,2	3,4	11,0	3,5	11,4	3,4
	t2	14,3	3,5	12,1	2,5	16,0	3,7
	t3	16,3	3,4	15,0	2,9	17,8	3,4
PASocc1	t1	18,7	2,2	19,0	2,5	18,3	1,8
	t2	20,6	2,8	20,6	3,3	20,5	2,1
	t3	20,9	3,2	21,3	3,6	20,4	2,6
PASocc2	t1	8,8	2,2	9,2	2,2	8,3	2,1
	t2	10,4	2,1	10,5	2,3	10,1	1,8
	t3	11,4	2,7	11,3	2,5	11,5	2,9
PASme-go	t1	11,0	3,1	11,5	3,6	10,5	2,5
	t2	13,5	3,1	14,1	3,6	12,8	2,4
	t3	14,7	3,1	14,3	3,5	15,0	2,5
PASb-go	t1	11,0	3,2	11,5	3,6	10,4	2,7
	t2	13,6	3,3	14,2	3,8	12,9	2,6
	t3	15,1	3,2	14,8	3,5	15,5	2,9
UvulaL	t1	24,5	2,4	24,3	2,1	24,8	2,8
	t2	25,1	2,6	24,6	1,9	25,8	3,2
	t3	27,3	2,9	26,7	2,5	28,1	3,2
UvulaB	t1	7,4	1,0	7,2	0,8	7,6	1,2
	t2	7,2	1,0	7,2	1,0	7,2	1,1
	t3	7,6	1,1	7,5	0,8	7,7	1,4
PASpost	t1	6,7	2,1	6,2	2,0	7,2	2,1
	t2	8,9	2,8	7,8	2,7	10,1	2,4
	t3	11,0	3,0	10,1	2,8	12,0	2,9
PASmin	t1	8,3	3,6	9,3	4,0	7,2	2,9
	t2	11,8	3,4	12,7	3,5	10,9	3,0
	t3	12,9	3,5	12,4	3,9	13,6	2,8
		n=37 (36)		n=20 (19)		n=17 (16)	

Tabelle 71: Vergleich mit der Literatur: Rose et al. (2003)

Kontrollgruppe aus 20 Probanden ohne Vorliegen einer Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte mit dem durchschnittlichen Alter von 12,3 Jahren. (Rose et al. 2003)

t1,t2,t3 = Definierte Zeitpunkte, F/M = nicht geschlechtsspezifisch, X = Mittelwert der

Messergebnisse, SD = Standardabweichung, die Werte sind in Millimetern angegeben

Die jeweils in Klammer aufgeführte Strecke gibt die Bezeichnung in der zu vergleichenden Studie an und wurde den Messstrecken dieser Studie zugeordnet.

Strecke	Vorliegende Studie			Rose et al.			
	Zeitpunkt	F/M X	SD	noncleft X	SD	cleft X	SD
PASspa-spp (PAS-SpP)	t1	11,2	3,4	19,55	5,22	14,29	4,19
	t2	14,3	3,5				
	t3	16,3	3,4				
PASocc2 (PAS-OcP)	t1	8,8	2,2	9,25	2,05	9,52	3,84
	t2	10,4	2,1				
	t3	11,4	2,7				
PASme-go (PAS-MP)	t1	11,0	3,1	13,10	2,40	13,55	3,19
	t2	13,5	3,1				
	t3	14,7	3,1				
UvulaL (Spp-UT)	t1	24,5	2,4	27,25	2,88	31,03	4,30
	t2	25,1	2,6				
	t3	27,3	2,9				
UvulaB (Ud)	t1	7,4	1,0	7,65	1,46	7,88	2,15
	t2	7,2	1,0				
	t3	7,6	1,1				

Rose et al. hatten 2003 für den PAS-SpP bei Probanden ohne Vorliegen einer Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte durchschnittlich einen Wert von PAS-SpP = 19.55 mm (SD = 5.22 mm) gemessen. In der vorliegenden Arbeit kam man zu den Ergebnissen für PASspa-spp: t1 = 11.2 mm (SD = 3.4 mm), t2 = 14.3 mm (SD = 3.5 mm) und t3 = 16.3 mm (3.4 mm). Die Differenz zwischen PAS-SpP und PASspp-spp_{t3} liegt bei 3.25 mm. Für die Strecke PAS-OcP werden im Mittel 9.25 mm (SD = 2.05 mm) angegeben. Für PASocc2 kam man zu den Ergebnissen: t1 = 8.8 mm (SD = 2.2 mm), t2 = 10.4 mm (SD = 2.1 mm) und t3 = 11.4 mm (SD = 2.7 mm). Der Wert von Rose et al. liegt damit zwischen den Angaben für t1 und t2 dieser Studie. Die Differenz beträgt dabei 0.45 mm beziehungsweise 1.15 mm. PAS-MP wird mit 13.10 mm (SD = 2.4 mm) angegeben. Für den PASme-go sind folgende Werte abzulesen: t1 = 11.0 mm (SD = 3.1 mm), t2 = 13.5 mm (SD = 3.1 mm) und t3 = 14.7 mm (SD = 3.1 mm). PAS-MP ähnelt also am ehesten dem

Wert für t2. Der Größenunterscheid beträgt 0.4 mm. Für die Länge der Uvula wurde in der Vergleichsarbeit ein Wert von 27.25 mm (SD = 2.88 mm) ermittelt. In dieser Arbeit konnte man für t1 = 24.5 mm (SD = 2.4 mm), t2 = 25.1 mm (SD = 2.6 mm) und t3 = 27.3 mm (SD = 2.9 mm) ausmachen. Zum Zeitpunkt t3 ist das Ergebnis nahezu identisch mit dem von Rose et al. Dasselbe gilt auch für t3 der Uvula-Dicke (t3 = 7.6 mm, SD = 1.1 mm) im Vergleich zu Ud = 7.65 mm (SD = 1.46 mm) (Rose et al. 2003).

Tabelle 72: Vergleich mit der Literatur: Hochban et al. (1994)

Kontrollgruppe aus 210 Probanden ohne Vorliegen einer obstruktiven Schlafapnoe mit dem durchschnittlichen Alter von 44 Jahren. (Hochban et al. 1994)
t1,t2,t3 = Definierte Zeitpunkte, F/M = nicht geschlechtsspezifisch, X = Mittelwert der Messergebnisse, SD = Standardabweichung, die Werte sind in Millimetern angegeben
Die jeweils in Klammer aufgeführte Strecke gibt die Bezeichnung in der zu vergleichenden Studie an und wurde den Messstrecken dieser Studie zugeordnet.

Strecke	Vorliegende Studie			Hochban et al.			
	Zeitpunkt	F/M X	SD	nonOSAS X	SD	OSAS X	SD
PASspa-spp (PAS NL)	t1	11,2	3,4				
	t2	14,3	3,5				
	t3	16,3	3,4	28,2	3,5	26,6	3,6
PASocc2 (PAS Okkl.)	t1	8,8	2,2				
	t2	10,4	2,1				
	t3	11,4	2,7	9,7	3,4	8,4	2,9
PASme-go (PAS ML)	t1	11,0	3,1				
	t2	13,5	3,1				
	t3	14,7	3,1	13,4	4,0	12,2	3,8
UvulaL (Uvula-Länge)	t1	24,5	2,4				
	t2	25,1	2,6				
	t3	27,3	2,9	45,8	5,0	48,4	5,6
UvulaB (Uvula-Dicke)	t1	7,4	1,0				
	t2	7,2	1,0				
	t3	7,6	1,1	12,1	2,2	12,9	2,2

Auf der Okklusions- und der Mandibularebene unterscheiden sich die ermittelten Werte für den PAS zwischen den Arbeiten kaum. PAS (Okkl.) von Hochban et al. liegt mit 9.7 mm (SD = 3.4 mm) genau zwischen den Zeitpunkten t1 = 8.8 mm (SD = 2.2 mm) und t2 = 10.4 mm (SD = 2.1 mm) der vorliegenden Arbeit. Und PAS ML (13.4 mm, SD = 4.0 mm) kann in seiner Ausdehnung mit t2 = 13.5 mm

(SD = 3.1 mm) gleichgesetzt werden. Für die weiteren drei Strecken kann also laut diesem Vergleich nach dem Probandenalter in Kategorie t3 noch mit weiterem Wachstum gerechnet werden. Auf der Ebene des Spinaplanums beträgt die Differenz 14,1 mm (PAS NL = 28.2 mm, SD = 3.5, PASspa-spp_{t3} = 16.3 = mm, SD = 3.4 mm). Für die Länge der Uvula kann ein Größenunterschied von 18,5 mm (Uvula-Länge = 45.8m SD = 5.0 mm, UvulaL_{t3} = 27.3 mm, SD = 2.9 mm) ausgelesen werden. Für die Dicke der Uvula zeigt sich ein Unterschied von 4.5 mm von UvulaB_{t3} = 7.6 mm (SD = 1.1 mm) zu der Uvula-Dicke von 12.1 mm (SD = 2.2 mm) bei Hochban et al. (Hochban et al. 1994).

Aussicht: Die ermittelten Werte der vorliegenden Studie könnten des Weiteren eventuell als Kontrollgruppe für Arbeiten dienen, die sich mit Pathologien - und deren Therapie - wie der Schlafapnoe, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten oder Ähnlichem befassen.

5. Zusammenfassung

In der Literatur lassen sich nur vereinzelt Referenzwerte für den Posterior Airway Space gesunder Probanden mit deutscher Abstammung finden. Zudem ist die Anfertigung von Röntgenaufnahmen ohne rechtfertigende Indikation laut Gesetzgebung heutzutage untersagt.

Ziel dieser retrospektiven Studie war, anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen (FRS) alters- und geschlechtsspezifische Referenzwerte für den Posterior Airway Space (PAS) in der Sagittalen während des Wachstums zu ermitteln. Hierfür wurden die FRS von 21 weiblichen und 19 männlichen Probanden vermessen. Die Aufnahmen entstammen der Rostocker Wachstumsstudie, welche im Jahr 1959 ihren Ursprung fand. Aufgrund einer zu geringen Anzahl an FRS wurde ein Proband aus der Wertung genommen. Um harmonische skelettale Verhältnisse vorauszusetzen, wurden die Winkel SNA, SNB und ANB bestimmt, was zum Ausschluss zweier weiterer Probanden für die statistische Bearbeitung führte. Mithilfe röntgenkephalometrischer Bezugspunkte wurden in der Sagittalen die Tiefe des PAS auf dem Spinalplanum, dem Okklusalplanum, dem Mandibularplanum, der Ebene von Basion zu Gonion, hinter der Uvula und an der engsten Stelle über dem Larynx bestimmt. Außerdem hat man die Länge und Dicke der Uvula erfasst. Für bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurden die Messdaten nach drei Zeitpunkten selektiert: t1 (in der ersten Wechselgebissphase), t2 (vor der zweiten Wechselgebissphase) und t3 (im pubertären Wachstumsschub). Die Wachstumsphase wurde mithilfe der CVM-Methode („cervical vertebral maturation“) nach Franchi und Baccetti bestimmt. Aufgrund des Fehlens einer Skala auf den FRS musste eine Formel aufgestellt werden. Mit deren Hilfe konnten die gemessenen Einheiten in tatsächliche Größenverhältnisse umgerechnet werden. Die statistische Auswertung erfolgte anhand deskriptiver Auswertung, dem Prüfen auf Normalverteilung, einfaktorierter Varianzanalysen mit Messwiederholungen und paarweisen Vergleichen. Über die erfassten Zeiträume hinweg konnte für den Posterior Airway Space auf allen gemessenen Ebenen, sowie für die Länge der Uvula signifikantes Wachstum nachgewiesen werden. Die Tiefe des PAS auf dem Spinalplanum betrug zum

Zeitpunkt t1 = 11.2 mm (SD = 3.4 mm, N = 37) und zum Zeitpunkt t3 = 16.3 mm (SD = 3.4 mm, N = 37), auf dem Okklusalplanum erst 18.7 mm (= t1, SD = 2.2 mm, N = 37) und dann 20.9 mm (= t3, SD = 3.2 mm, N = 36) und auf dem Mandibularplanum t1 = 11.0 mm (SD = 3.1 mm, N = 37) und t3 = 14.7 mm (SD = 3.1 mm, N = 37). Für die Größenzunahme des PAS ergaben sich vom Zeitpunkt t1 bis zum Zeitpunkt t3 Mittelwerte zwischen 11.9 % (PASocc2) und 64.3 % (PASpost). Eine Ausnahme bildet dabei nur die Dicke der Uvula, welche sich mit einer Zunahme von 0.2 mm statistisch nicht signifikant verändert hat. Das Geschlecht der Probanden scheint eine eher untergeordnete Rolle zu spielen. Ein signifikanter Einfluss des Geschlechts konnte lediglich für die Strecken PASspa-spp und PASpost festgestellt werden. Der PAS zum Zeitpunkt t3 war bei den männlichen Probanden auf Höhe des Spinaplanums um 2.8 mm und hinter der Uvula um 1.9 mm größer als bei den weiblichen Probanden.

6. Literaturverzeichnis

- Albajalan, Osama B./Samsudin, A. R./Hassan, Rozita (2011). Craniofacial morphology of Malay patients with obstructive sleep apnoea. *European Journal of Orthodontics* 33 (5), 509–514.
- Arslan, S. Gündüz/Kama, J. Devecioglu/Özer, T./Yavuz, I, (2007). Craniofacial and upper airway cephalometrics in hypohidrotic ectodermal dysplasia. *Dentomaxillofacial Radiology* (2007) 36, 478–483
- Aumüller, Gerhard/Aust, Gabriela/Doll, Andreas/Engele, Jürgen/Kirsch, Joachim/Mense, Siegfried/Reißig, Dieter/Salvetter, Jürgen/Schmidt, Wolfgang/Schmitz, Frank/Schulte, Erik/Spiegel-Borowski, Katharina/Wolff, Werner/Wurzinger, Laurenz J./Zilch, Hans-Gerhard (2007). *Duale Reihe. Anatomie*. Georg Thieme Verlag. Stuttgart. 913–916
- Baccetti, Tiziano/Franchi, Lorenzo/McNamara, James A./Tollaro, Isabella (1997). Early dentofacial features of Class II malocclusion: A longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 111 (5), 502–509.
- Baccetti, Tiziano/Franchi, Lorenzo/McNamara, James A. (2002). An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *The Angle orthodontist* 72 (4), 316–323.
- Bacher, M./Linz, A./Buchenau, W./Arand, J./Krimmel, M./Poets, C. (2010). *Therapeutisches Vorgehen bei Pierre-Robin-Sequenz*. *Laryngorhinootologie* 2010; 89(10): 621–629
- Balakrishna, Ramdas/Reddy, Mahendra/Kashyap, Vinay M./John, Joseph (2014). The "Rubber Band" and "Slingshot" Effects of the Posterior Airway Space in Mandibular Orthognathic Surgeries. *Journal of maxillofacial and oral surgery* 13 (4), 514–518.
- Banhiran, Wish/Wanichakortrakul, Pisit/Metheetrairut, Choakchai/Chiewvit, Pipat/Planuphap, Wandee (2013). Lateral cephalometric analysis and the risks of moderate to severe obstructive sleep-disordered breathing in Thai patients. *Sleep & breathing = Schlaf & Atmung* 17 (4), 1249–1255.
- Becker, K./Bußmeier, U./Kopp, S./Langenhan, J./Rahm, S./Sens, M./Thier, M./Wego, J./Wilhelm, G. (2013). Fernröntgenseitenbild in der Therapie der obstruktiven Schlafapnoe. *Somnologie* 17 (3), 159–173.
- Broadbent, B. H./Golden, William H./Brown, Robert G. (1977). Bolton standards of dentofacial development growth. *Plastic and Reconstructive Surgery* 59 (1), 115.
- Brown, April A./Scarfe, William C./Scheetz, James P./Silveira, Anibal M./Farman, Allan G. (2009). Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. *The Angle orthodontist* 79 (1), 150–157.
- Buschang, P. H./Tanguay, R./Demirjian, A./LaPalme, L./Turkewicz, J. *Mathematical models of longitudinal mandibular growth for children with*

- normal and untreated Class I division 1 malocclusion. *European Journal of Orthodontics* 1988 (10), 227–234.
- Canellas, João V. d. S./Barros, Hugo L. M./Medeiros, Paulo J./Ritto, Fabio G. (2015). Sleep-disordered breathing following mandibular setback: a systematic review of the literature. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Chen, Hui/Li, Yingguang/Reiber, Johan Hc/Lange, Jan de/Tu, Shengxian/van der Stelt, Paul/Lobbezoo, Frank/Aarab, Ghizlane (2018). Analyses of aerodynamic characteristics of the oropharynx applying CBCT: obstructive sleep apnea patients versus control subjects. *Dentomaxillofacial Radiology* 47 (2).
- Chien, P. C./Parks, E. T./Eraso, F./Hartsfield, J. K./Roberts, W. E./Ofner, S. (2009). Comparison of reliability in anatomical landmark identification using two-dimensional digital cephalometrics and three-dimensional cone beam computed tomography in vivo. *Dentomaxillofacial Radiology* 38 (5), 262–273.
- Edler, R. J. (2001). Background considerations to facial aesthetics. *Journal of orthodontics* 28 (2), 159–168.
- Enlow, Donald H./Hans, Mark G. (1996). *Essentials of facial growth*. Saunders. Philadelphia.
- Exner, G. Ulrich (2003). *Normalwerte in Wachstum und Entwicklung. Die Basis für Diagnostik und Therapie*. 2. Aufl. Thieme. Stuttgart.
- Fahrmeir, Ludwig/Heumann, Christian/Künstler, Rita/Pigeot, Iris/Tutz, Gerhard (2016). *Statistik*. Springer. Berlin.
- Freitas, Marcos Roberto de/Alcazar, Nadyr Maria Penteado Virmond/Janson, Guilherme/Freitas, Karina Maria Salvatore de/Henriques, José Fernando Castanha (2006). Upper and lower pharyngeal airways in subjects with Class I and Class II malocclusions and different growth patterns. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 130 (6), 742–745.
- Gahr, M. (2018). Insomnie und andere Schlafstörungen. *Continuing Medical Education CME* (3), 191–198.
- Gerabek, W. E. (1995). Wilhelm Conrad Röntgen und seine Entdeckung der X-Strahlen. *Wurzburger medizinhistorische Mitteilungen* 13, 87–96.
- Gokce, S. M./Gorgulu, S./Gokce, H. S./Bengi, O./Sabuncuoglu, F./Ozgen, F./Bilgic, H. (2012). Changes in posterior airway space, pulmonary function and sleep quality, following bimaxillary orthognathic surgery. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 41 (7), 820–829.
- Golder, W. A. (2017). Systematische Fehler in klinischen Studien. *Der Pneumologe* 14 (2), 106–116.
- Gottsauner-Wolf, Sophia/Laimer, Johannes/Bruckmoser, Emanuel (2018). Posterior Airway Changes Following Orthognathic Surgery in Obstructive Sleep Apnea. *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 76 (5).

- Greess, H./Lell, M./Römer, W./Bautz, W. (2002). Indikation und Aussagekraft von CT und MRT im Kopf-Hals-Bereich. HNO 50 (7), 611–625.
- Großmann, Anne-Christiane (2002). Kephalometrische Untersuchung nach der Hasund/Segner Analyse bei Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Hamans, E. P./van Marck, E. A./Backer, W. A. de/Creten, W./van de Heyning, P. H. (2000). Morphometric analysis of the uvula in patients with sleep-related breathing disorders. *European archives of oto-rhino-laryngology: official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS): affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery* 257 (4), 232–236.
- Hannemann, Peter (2000). Schlafapnoe-Syndrom und Schnarchen. Ursache, Symptome, erfolgreiche Behandlung. Jopp Oesch. Zürich/Wiesbaden.
- Hartmann, Stefan (2010). Vergleichende Analysen zwischen dreidimensionaler und konventioneller Kephalometrie bei Dysgnathiepatienten - Digitale Volumetomographie versus laterales Fernröntgenseitenbild. Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Hausser, E. (1976). Die Bedeutung der Kiefer-Gesichts-Schädel-Beziehungen im Fernröntgenbild als diagnostische Hilfsmittel. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 37 (4), 413–427.
- Heckmann, U. (1973). Längsschnittuntersuchung über die Entwicklung des lückenlos angelegten Milchgebisses. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl Gesamte* 61(3), 161-167.
- Heckmann, U. (1975). Längsschnittuntersuchung der Gebißentwicklung und daraus resultierende Schlußfolgerungen für die kieferorthopädische Behandlungsplanung im Milchgebiss. *Stomatol DDR* 25(7), 445-48.
- Heckmann, U./Grabowski, R./Brune, K. (1974). Über die Breiten- und Längenentwicklung des Gebisses. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl Gesamte* 62(5), 429-435.
- Hixon, E. H. (1956). The norm concept and cephalometrics. *American Journal of Orthodontics* 42 (12), 898–906.
- Hochban, W. (2008). Kiefer-Gesichts-chirurgische Diagnostik und Therapie schlafbezogener Atmungsstörungen. *Der MKG-Chirurg* 1 (2), 111–118.
- Hochban, W./Brandenburg, U./Schürmann, R. (1994). Zur Gesichtsskelettmorphologie beim obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom und ihrem Einfluss auf die Atemwegsobstruktion. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, Zeitschrift* 49, 777–782.
- Hourfar, Jan/Kinzinger, Gero Stefan Michael/Feifel, Hartmut/Vehr, Verena Maria/Lisson, Jörg Alexander (2017). Effekte kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Kombinationsbehandlungen bei Klasse II und III auf den extrathorakalen Luftraum: Vergleich zwischen mono- und bignathen Osteotomien. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 78 (6), 455–465.

- Houston, W. J./Maher, R. E./McElroy, D./Sherriff, M. (1986). Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *European Journal of Orthodontics* 8 (3), 149–151.
- Hudgel, D. W./Hendricks, C. (1988). Palate and hypopharynx--sites of inspiratory narrowing of the upper airway during sleep. *The American review of respiratory disease* 138 (6), 1542–1547.
- Isaacson, K. G./Thom, A. R./Horner, K., Whaites, E. (2015). Guidelines for the Use of Radiographs in Clinical Orthodontics. *British Orthodontic Society* (3).
- Kahl-Nieke, Bärbel (2010). Einführung in die Kieferorthopädie. Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie. 3. Aufl. Deutscher Ärzte-Verlag. Köln.
- Karlberg, J. (1987). On the modelling of human growth. *Statistics in medicine* 6 (2), 185–192.
- Karwetzky, R./Teubner, A. (1985). Eine kephalometrische Vergleichsstudie zur Rotation und Wachstumsgröße des Unterkiefers bei mandibulärer Retrognathie. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 46 (5), 383–397.
- Kinzinger, Gero/Czapka, Kathrin/Ludwig, Björn/Glas, Bettina/Gross, Ulrich/Lisson, Jörg (2011). Effects of fixed appliances in correcting Angle Class II on the depth of the posterior airway space: FMA vs. Herbst appliance--a retrospective cephalometric study. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 72 (4), 301–320.
- Kitahara, Toru/Hoshino, Yoshihiro/Maruyama, Kazuhiro/In, Emiko/Takahashi, Ichiro (2010). Changes in the pharyngeal airway space and hyoid bone position after mandibular setback surgery for skeletal Class III jaw deformity in Japanese women. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 138 (6).
- Klink-Heckmann, U./Fischer, J. (1997). Rostocker Tabellen für die Vermessung von Fernröntgenseitenbildern bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen. Rostock: Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-Kieferheilkd.
- Klinke, Rainer/Pape, Hans-Christian/Silbernagl, Stefan (Hg.) (2005). Physiologie. 5. Aufl. Thieme. Stuttgart/New York. Kapitel 10: Atmung, Peter Scheid. 256–274. Kapitel 29: Pape, H.-C. Rhythmen des Gehirns: Elektroenzephalografische und neurale Korrelate des Verhaltens. 301,846-847.
- Krimmel, M./Bacher, M./Koos, B./Poets, C./Reinert, S. (2019). Die Frühbehandlung der Pierre-Robin-Sequenz – einer speziellen Form der Gaumenspalte. *Der MKG-Chirurg* 12 (1), 11–19.
- Lehmann, Klaus M./Hellwig, Elmar/Wenz, Hans-Jürgen (2012). Zahnärztliche Propädeutik. Einführung in die Zahnheilkunde. 12. Aufl. Deutscher Zahnärzte-Verlag. Köln.
- Le Huc, J. C./Demezou, H./Aunoble, S. (2015). Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective

cohort of asymptomatic volunteers. *European spine journal* : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society 24 (1), 63–71.

- Loserth, Susanne (2008). Evaluation der kephalometrischen Analyse nach A.M. Schwarz unter besonderer Berücksichtigung der Sollproportionen am Schädel. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Madsen, Henning (2002). Commentary on the articles by Collet, You et al., and Kim et al. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie* 34 (04), 265–268.
- Meißner, Luisa Katharina (2012). Auswirkung der Behandlung mit Aktivator oder Vorschubdoppelplatte auf den extrathorakalen Luftraum, Epiglottis und Hyoid. Eine retrospektive kephalometrische Studie. Universität des Saarlandes.
- Moyers, Robert E./Bookstein, Fred L. (1979). The inappropriateness of conventional cephalometrics. *American Journal of Orthodontics* 75 (6), 599–617.
- Muto, T./Yamazaki, A./Takeda, S. (2008). A cephalometric evaluation of the pharyngeal airway space in patients with mandibular retrognathia and prognathia, and normal subjects. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 37 (3), 228–231.
- Oz, Ulas/Orhan, Kaan/Rubenduz, Meliha (2013). Two-dimensional lateral cephalometric evaluation of varying types of Class II subgroups on posterior airway space in postadolescent girls: a pilot study. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 74 (1), 18–27.
- Pae, Eung-Kwon/Lowe, Alan A./Sasaki, Keiichi/Price, Colin/Tsuchiya, Masafumi/Fleetham, John A. (1994). A cephalometric and electromyographic study of upper airway structures in the upright and supine positions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 106 (1), 52–59.
- Pasler, Friedrich Anton (2003). *Zahnärztliche Radiologie*. 4. Aufl. Georg Thieme Verlag. Stuttgart.
- Perillo, M./Beideman, R./Shofer, F./Jacobsson-Hunt, U./Higgins-Barber, K./Laster, L./Ghafari, J. (2000). Effect of landmark identification on cephalometric measurements: guidelines for cephalometric analyses. *Clinical orthodontics and research* 3 (1), 29–36.
- Pradel, Winnie/Schmidt, Frank/Paditz, Ekkehart/Eckelt, Uwe (2000). Stellenwert der Radiokephalometrie in der Diagnostik bei OSAS im Erwachsenenalter. The Significance of Radiocephalometry for the Diagnosis of OSAS in Adults. *Somnologie* 4 (2), 96–100.
- Prodinger, Verena Hedwig (2014). Einfluss der mandibulären Retrognathie auf den "posterior airway space" von Klasse II/1 Patienten. Medizinische Universität Graz.
- Riedel, R. A. (1952). The relation of maxillary structures to cranium in malocclusion and in normal occlusion. *Angle Orthod* (22, 3), 142–145.

- Röntgenverordnung - RöV (2003). Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz BGBl. I S. 604. Aufgehoben 2018 durch Artikel 20 BGBl. I S. 2034.
- Strahlenschutzverordnung - StrlSchV (2018). Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz BGBl. I S. 2034, 2036. Letzte Änderung (2021) BGBl. I S. 3436, 3475.
- Rose, Edmund C./Staats, Richard/Lehner, Martin/Jonas, Irmtrud E. (2002). Cephalometric analysis in patients with obstructive sleep apnea. Part I: diagnostic value. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopädie: Organ/official journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie* 63 (2), 143–153.
- Rose, Edmund/Thissen, Ulrike/Otten, Jörg-Elard/Jonas, Irmtrud (2003). Cephalometric assessment of the posterior airway space in patients with cleft palate after palatoplasty. *The Cleft palate-craniofacial journal: official publication of the American Cleft Palate-Craniofacial Association* 40 (5), 498–503.
- S2-Leitlinie 017 - 069 (2015). HNO-spezifische Therapie der obstruktiven Schlafapnoe bei Erwachsenen. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF).
- S3-Leitlinie 063 - 001 (2017). Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen - Schlafbezogene Atmungsstörungen. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF).
- Samman, N./Mohammadi, H./Xia, J. (2003). Cephalometric norms for the upper airway in a healthy Hong Kong Chinese population. *Hong Kong medical journal = Xianggang yi xue za zhi* 9 (1), 25–30.
- Santagata, Mario/Tozzi, Umberto/Lamart, Ettore/Tartaro, Gianpaolo (2015). Effect of Orthognathic Surgery on the Posterior Airway Space in Patients Affected by Skeletal Class III Malocclusion. *Journal of maxillofacial and oral surgery* 14 (3), 682–686.
- Sateia, Michael J. (2014). International classification of sleep disorders-third edition: highlights and modifications. *Chest* 146 (5), 1387–1394.
- Schäfer, Jürgen (1996). Schnarchen, Schlafapnoe und obere Luftwege. Thieme. Stuttgart/New York.
- Schopf, Peter (2008). Curriculum Kieferorthopädie. 4. Aufl. Quintessenz Verlags-GmbH. Berlin.
- Schulze, Ralf (2019). Lehrbuch zahnärztliches Röntgen: Grundlagen, Technik, Anwendung: Hintergrundinformationen. 1. Aufl. Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- Schwarz, A. M. (1959). Die Bedeutung des Fernröntgenbildes für die kieferorthopädische Praxis. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 20 (1), 22–38.
- Schwarz, A. M. (1960). Über die senkrechten Fehlbildungen des Gebisses. *Fortschritte der Kieferorthopädie* 21 (3), 358–381.

- Schwenzer, Norbert (Hg.) (2011). Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. Lehrbuch zur Aus- und Fortbildung in 5 Bänden; Fortsetzung des Standardwerkes von Hofer, Reichenbach, Spreter von Kreudenstein, Wannemacher. 4. Aufl. Georg Thieme Verlag. Stuttgart. Kapitel 6: Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Ehrenfeld, Michael/Schwenzer, Norbert/Bacher, Margit/Schramm, Thomas, 186-226. Kapitel 8: Chirurgische Kieferorthopädie. Mast, Gerson/Ehrenfeld, Michael, 234–260.
- Segner, Dietmar (1989). Floating norms as a means to describe individual skeletal patterns. *European Journal of Orthodontics* 11 (3), 214–220.
- Segner, Dietmar/Hasund, Asbjørn (2003). Individualisierte Kephalemetrie. 4. Aufl. Segner-Verlag. Hamburg.
- Sériès, F./St Pierre, S./Carrier, G. (1993). Surgical correction of nasal obstruction in the treatment of mild sleep apnoea: importance of cephalometry in predicting outcome. *Thorax* 48 (4), 360–363.
- Shen, G. F./Samman, N./Qiu, W. L./Tang, Y. S./Xia, J./Huang, Y. L. (1994). Cephalometric studies on the upper airway space in normal Chinese. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 23 (4), 243–247.
- Souza Carvalho, A. C. G. de/Magro Filho, O./Garcia, I. R./Araujo, P. M./Nogueira, R. L. M. (2012). Cephalometric and three-dimensional assessment of superior posterior airway space after maxillomandibular advancement. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 41 (9), 1102–1111.
- Speckmann, Erwin-Josef/Hescheler, Jürgen/Köhling, Rüdiger (Hg.) (2008). Physiologie. 5. Aufl. Elsevier, Urban & Fischer. München/Jena. Kapitel 9: Atmung. Dietl, Paul/Deetjen, Peter/Wittkowski, Werner. 457–462
- Spindler, Julia (2012). Auswirkung festsitzender Gaumennahterweiterungsapparaturen auf den extrathorakalen Luftraum, epiglottis und Hyoid: eine retrospektive kephalometrische Studie. Universität des Saarlandes.
- Stahl, Franka (2008). Kephalemtrische, tensoranalytische und visuelle Analyse des Gesichtsschädelwachstums bei unbehandelten Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung vom 7. bis 18. Lebensjahr. Universität Rostock.
- Stöckli, P. W. (2001). Kapitel: Gesichts- und Kieferwachstum und Entwicklung der Dentition. Van Waes, Hubertus J. M./ Stöckli, Paul W. (2001). Farbatlant der Zahnmedizin: Kinderzahnmedizin. Georg Thieme Verlag.
- Strahlenschutzgesetz - StrlSchG (2017). Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz BGBl. I S. 1966. Letzte Änderung (2021) BGBl. I S. 1194, 1201.
- Suratt, P. M./Dee, P./Atkinson, R. L./Armstrong, P./Wilhoit, S. C. (1983). Fluoroscopic and computed tomographic features of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea. *The American review of respiratory disease* 127 (4), 487–492.

- Tanner, J. M./Whitehouse, R. H./Takaishi, M. (1966). Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity: British children, 1965. II. Archives of disease in childhood 41 (220), 613–635.
- Ursi, W. J./Trotman, C. A./McNamara, J. A./Behrents, R. G. (1993). Sexual dimorphism in normal craniofacial growth. The Angle orthodontist 63 (1), 47–56.
- Vehr, Verena Maria (2012). Auswirkungen unterschiedlicher orthodontisch-kieferchirurgischer Kombinationsbehandlungen auf den extrathorakalen Luftraum, Epiglottis und Hyoid: Eine retrospektive, kephalometrische Studie. Universität des Saarlandes.
- Verhofstadt, Tom (2011). Cervical Vertebral Maturation (CVM). Dentales Nachrichtenportal ZWP. <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/kieferorthopaedie/diagnostik/cervical-vertebral-maturation-cvm> [07.09.2022]
- Verin, E./Tardif, C./Buffet, X./Marie, J.P./Lacoume, Y./Andrieu-Guitrancourt, J./Pasquis, P. (2002). Comparison between anatomy and resistance of upper airway in normal subjects, snorers and OSAS patients. Respiration Physiology 129 (3), 335–343.

7. Erklärung zum Eigenanteil

Diese Arbeit wurde in der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen Abteilung Zentrales Röntgen unter der Betreuung von Prof. Dr. Dr. Siegmart Reinert durch mich erstellt. Weitere Anleitung erfolgte durch Herrn Prof. Dr. Bernd Koos und Frau OÄ Dr. Dr. Constanze Keutel.

Die Fernröntgenseitenaufnahmen, die dieser Studie zugrunde liegen, wurden durch Frau Dr. Dr. Silvia Müller-Hagedorn vermittelt, von Frau Prof. Dr. Franka Stahl zur Verfügung gestellt und stammen aus dem Archiv der Universitätsklinik Rostock.

Statistische Beratung wurde bei Frau Dr. Bettina Brendel in Anspruch genommen. Die Zuteilung fand durch das Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie statt. Unter ihrer Anleitung wurden die statistischen Tests durch mich durchgeführt, ausgewertet und in der vorliegenden Arbeit dargestellt.

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich alle der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Messdaten eigenständig und nach bestem Wissen und Gewissen erhoben und nach beschriebener Methodik bearbeitet habe. Außerdem habe ich diese Dissertationsschrift völlig eigenständig verfasst. Alle Bilder und Tabellen wurden - soweit nicht weiter angegeben - durch mich selbst erstellt. Andere als die angegebenen Quellen habe ich nicht verwendet und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht. Im Abschnitt zur Diskussion wurden Ergebnisse aus Fremdarbeiten zum Zwecke des Vergleichs aufgeführt und als solche kenntlich gemacht.

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift Doktorand/in

8. Danksagung

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. Siegmar Reinert (Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Tübingen), Herr Prof. Dr. Bernd Koos (Poliklinik für Kieferorthopädie, Universitätsklinikum Tübingen) und Frau Dr. Dr. Constanze Keutel (Abteilung Zentrales Röntgen, Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen) für die Zeit, die Geduld, das Engagement und die konstruktive Kritik bei der Betreuung dieser Arbeit.

Ebenfalls danke ich Frau Dr. Bettina Brendel (Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie, Universitätsklinikum Tübingen) für die statistische Beratung und Anleitung.

Weiteres gilt mein Dank Frau Prof. Dr. Stahl (Poliklinik für Kieferorthopädie, Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde „Hans Morat“ Rostock) und Frau Dr. Dr. Müller-Hagedorn für die Bereitstellung der dieser Arbeit zugrunde liegenden Fernröntgenseitenaufnahmen.

Abschließend bedanke ich mich bei der Belegschaft der Abteilung Zentrales Röntgen der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen, insbesondere Frau Keinath-Nagel, für die nette Betreuung während der praktischen Phase der Arbeit.

V Anhang

1. Messwiederholungen

Tabelle 73a: Messwiederholungen Teil 1

Bild 1 von Proband 1 wurde an zehn aufeinander folgenden Messtagen vermessen.
StdAbw = Standardabweichung, VariationsK. = Variationskoeffizient
Die Messdaten sind in Einheiten angegeben.

H1: Bild 1	PASspa-spp	PASocc1	PASocc2	PASme-go	PASb-go	UvulaL	UvulaB	PASpost	PASmin
Tag 1	226,39	246,51	147,17	188,69	191,66	377,18	84,08	161,95	149,91
Tag 2	228,56	247,21	144,82	188,44	192,18	383,44	80,06	158,19	147,13
Tag 3	228,56	237,08	142,91	190,90	191,22	374,46	86,25	153,31	149,55
Tag 4	230,92	237,08	141,26	188,31	189,32	370,90	86,85	155,06	152,21
Tag 5	225,30	244,23	143,47	192,63	193,48	374,72	86,33	154,83	153,78
Tag 6	232,00	242,29	140,72	189,17	190,57	373,07	84,83	153,35	157,90
Tag 7	233,15	237,90	135,52	188,25	191,47	377,99	82,79	159,00	163,73
Tag 8	228,87	251,32	143,73	196,03	193,83	370,88	83,92	156,58	156,18
Tag 9	232,84	240,23	144,14	187,76	199,34	379,28	87,39	160,50	159,78
Tag 10	230,91	238,04	143,04	190,24	192,81	374,30	85,47	155,91	152,12
StdAbw	2,66	4,98	3,09	2,58	2,73	3,91	2,20	2,96	5,14
Mittelwert	229,75	242,19	142,68	190,04	192,59	375,62	84,80	156,87	154,23
VariationsK.	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03

Tabelle 73b: Messwiederholungen Teil 2

Bild 1 von Proband 1 wurde zehnmal direkt in Folge vermessen.
StdAbw = Standardabweichung, VariationsK. = Variationskoeffizient
Die Messdaten sind in Einheiten angegeben.

H1: Bild 1	PASspa-spp	PASocc1	PASocc2	PASme-go	PASb-go	UvulaL	UvulaB	PASpost	PASmin
Messung 1	232,03	243,76	141,41	187,76	193,06	379,94	84,80	160,30	152,34
Messung 2	225,18	242,14	139,77	191,27	192,49	389,50	84,23	163,81	151,22
Messung 3	230,97	238,85	135,13	189,61	192,32	376,09	80,81	158,91	149,97
Messung 4	224,46	235,04	138,94	184,38	193,01	381,66	82,98	157,25	147,39
Messung 5	229,11	241,61	145,52	187,82	191,66	370,30	82,55	159,17	150,33
Messung 6	226,39	246,51	147,17	188,69	191,66	377,18	84,08	161,95	149,91
Messung 7	232,84	239,67	147,13	184,45	193,28	372,53	86,72	157,25	147,60
Messung 8	223,68	244,58	143,32	192,26	194,22	377,50	87,64	159,99	151,56
Messung 9	223,86	245,67	139,77	191,21	192,32	383,42	87,20	151,00	148,08
Messung 10	221,48	244,87	145,78	189,61	189,95	383,75	86,58	153,77	147,05
StdAbw	3,96	3,58	4,04	2,70	1,16	5,69	2,26	3,77	1,90
Mittelwert	227,00	242,27	142,39	188,71	192,40	379,19	84,76	158,34	149,55
VariationsK.	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01

2. Alle Messdaten

Für alle neun Strecken sind die Messwerte sowohl in den gemessenen Einheiten (Pixel), als auch in tatsächlichen Größenverhältnissen (Millimeter) angegeben. Die Umrechnung fand über die im Methodik-Teil angegebene Formel mittels 300 dpi statt (dpi = dots per inch). Leere Zellen weisen auf nicht ermittelbare Messwerte aufgrund fehlender Schnittpunkte bei der FRS-Auswertung hin. Zudem ist das jeweilige Aufnahmedatum der FRS, das Probandenalter zum Zeitpunkt der Aufnahme und die zugewiesene Bildnummer zum Zwecke der Anonymisierung angegeben.

3. Bestimmung der Winkel SNA, SNB und ANB

Tabelle 75: Bestimmung von SNA, SNB und ANB

H1-H40 = Anonymisierung der Probanden, w = weiblich, m = männlich

Alle gemessenen Winkel sind in Grad angegeben.

Kriterien nach Segner und Hasund:

$79^\circ < SNA < 85^\circ$ großer SNA -> $2^\circ < ANB < 6^\circ$

$77^\circ < SNB < 83^\circ$ großer SNB -> $-2 < ANB < 2^\circ$

$0^\circ < ANB < 4^\circ$ (Segner und Hasund 2003)

Die beiden eingerahmten Probanden wurden nach der Auswertung für die weitere Statistik ausgeschlossen.

		SNA	SNB	ANB
H1	w	78,4	77,0	1,4
H4	w	81,0	77,0	4,0
H6	w	82,4	77,1	5,3
H7	w	77,1	76,1	1,0
H10	w	79,7	77,8	1,9
H12	w	81,2	76,5	4,7
H17	w	81,3	76,5	4,8
H18	w	85,3	80,2	5,1
H22	w	89,7	81,7	8,0
H23	w	83,7	77,7	6,0
H27	w	82,2	79,0	3,2
H29	w	83,9	80,0	3,9
H30	w	83,0	77,6	5,4
H31	w	81,6	79,0	2,6
H32	w	77,8	75,8	2,0
H33	w	79,3	77,8	1,5
H34	w	78,5	74,4	4,1
H35	w	82,6	79,9	2,7
H38	w	84,6	82,1	2,5
H39	w	81,7	81,5	0,2
H40	w	81,0	77,9	3,1
H2	m	81,0	74,7	6,3
H3	m	79,3	77,1	2,2
H5	m	83,4	80,5	2,9
H8	m	79,3	76,1	3,2
H9	m	80,9	77,0	3,9
H11	m	82,4	80,4	2,0
H13	m	81,3	74,8	6,5
H14	m	83,2	79,8	3,4
H15	m	75,3	74,5	0,8
H16	m	82,0	78,0	4,0
H19	m	80,3	77,3	3,0
H20	m	79,3	76,8	2,5
H21	m	84,1	76,1	8,0
H24	m	87,7	83,8	3,9
H25	m	80,7	76,6	4,1
H26	m	83,3	80,4	2,9
H28	m	88,0	82,4	5,6
H36	m	84,2	77,5	6,7
H37	m	83,0	79,1	3,9

Tabelle 77a: Einteilung Zeitpunkte (Millimeter) – weibliche Probanden

H1-H40 = Anonymisierung der Probanden, w = weiblich, t1/t2/t3 = Zeitpunkt 1/2/3

Alle Messwerte sind in Millimeter angegeben. Der Messwert 0,0 weist auf nicht ermittelbare Messwerte aufgrund fehlender Schnittpunkte bei der FRS-Auswertung hin.

Proband	Geschlecht	Zeitpunkt	PASspa-spp	PASocc1	PASocc2	PASme-go	PASb-go	UvulaL	UvulaB	PASpost	PASmin
H1	w	t1	9,1	16,3	8,4	10,6	11,3	23,1	7,0	5,3	8,0
H1	w	t2	12,9	20,1	12,4	15,6	15,8	20,4	7,3	6,5	12,9
H1	w	t3	17,9	20,7	14,6	16,6	16,7	21,3	7,0	11,8	14,4
H4	w	t1	11,5	20,3	10,8	10,6	9,9	26,2	6,0	9,1	9,0
H4	w	t2	0,0	19,0	11,3	10,5	9,6	25,6	5,2	10,3	9,6
H4	w	t3	12,5	16,4	9,4	7,7	7,0	29,3	7,1	9,4	6,9
H6	w	t1	7,9	21,6	12,1	15,3	15,0	22,3	6,1	5,2	11,5
H6	w	t2	10,0	25,9	11,7	19,9	19,9	22,3	6,7	5,1	11,9
H6	w	t3	13,7	26,9	13,1	18,4	17,7	24,1	7,0	7,0	13,9
H7	w	t1	8,8	23,5	10,2	18,5	17,7	25,0	8,2	6,0	15,3
H7	w	t2	11,0	21,9	11,5	17,0	16,5	25,6	7,0	5,6	15,1
H7	w	t3	18,4	21,3	12,0	17,4	17,4	30,0	7,9	8,8	16,8
H10	w	t1	11,2	19,1	6,8	12,6	13,1	24,4	7,4	7,3	8,7
H10	w	t2	12,7	22,1	6,7	11,2	11,0	23,5	8,1	8,7	9,5
H10	w	t3	10,9	19,1	5,4	11,5	12,7	26,2	8,5	10,0	8,1
H12	w	t1	10,6	19,2	7,9	10,1	10,7	22,8	7,6	5,9	7,9
H12	w	t2	13,7	20,3	9,6	10,2	9,3	27,3	8,5	8,1	9,2
H12	w	t3	18,0	22,3	11,6	12,3	12,8	28,0	8,4	10,5	9,7
H17	w	t1	10,6	19,8	7,9	4,9	5,9	26,8	8,2	8,1	2,9
H17	w	t2	18,0	24,8	10,7	14,4	15,3	25,2	7,5	9,9	14,1
H17	w	t3	16,8	22,2	10,5	10,3	11,1	26,8	8,2	12,1	9,2
H18	w	t1	13,6	19,7	9,7	11,8	11,8	22,5	6,8	6,2	12,0
H18	w	t2	16,7	17,7	9,3	12,4	12,7	25,4	7,0	14,3	13,8
H18	w	t3	18,7	22,8	10,2	14,5	15,3	26,4	6,9	17,2	12,5
H23	w	t1	7,9	17,0	8,9	7,5	6,6	22,8	6,8	5,4	4,8
H23	w	t2	10,6	20,6	11,9	14,0	14,6	22,8	7,1	6,2	13,8
H23	w	t3	11,3	30,5	13,0	13,3	13,9	26,7	7,1	6,6	13,1
H27	w	t1	9,9	18,6	7,7	8,3	8,3	25,5	8,3	6,5	4,8
H27	w	t2	11,5	18,8	8,2	7,8	8,1	24,3	7,7	7,4	5,9
H27	w	t3	17,8	20,3	10,5	11,1	11,3	27,4	7,4	11,4	8,6
H29	w	t1	6,7	17,4	8,3	13,8	13,6	26,0	8,5	4,9	12,4
H29	w	t2	10,5	13,8	7,4	11,4	11,6	25,6	8,9	6,3	12,3
H29	w	t3	15,6	18,9	11,7	15,2	15,4	27,2	8,1	10,8	13,4
H30	w	t1	5,1	17,6	6,8	9,8	10,2	24,3	7,4	2,6	9,9
H30	w	t2	11,2	16,4	8,7	9,3	9,6	22,9	6,5	4,6	9,5
H30	w	t3	11,5	14,2	8,3	11,3	11,8	28,5	7,0	6,6	10,3
H31	w	t1	18,8	25,6	14,8	13,9	13,7	26,2	6,2	10,5	12,5
H31	w	t2	14,2	23,3	16,9	20,9	21,5	25,6	7,2	12,9	21,1
H31	w	t3	15,7	23,3	16,1	22,3	22,9	29,2	9,6	14,2	22,1
H32	w	t1	11,5	18,2	8,1	9,4	10,1	24,4	6,8	4,2	8,4
H32	w	t2	11,8	18,3	9,4	14,1	14,4	25,1	7,1	8,0	13,0
H32	w	t3	16,8	20,7	13,1	14,7	16,0	27,6	5,9	11,2	14,9
H33	w	t1	10,5	17,0	7,5	8,6	7,7	20,3	7,4	6,8	5,0
H33	w	t2	10,4	20,5	10,6	17,8	18,5	26,3	6,8	7,4	15,8
H33	w	t3	11,7	22,8	14,0	18,0	19,1	25,1	7,9	8,6	15,9
H34	w	t1	16,1	18,2	12,8	18,5	19,0	26,1	6,7	4,2	18,6
H34	w	t2	15,0	28,1	12,6	18,9	18,9	25,5	5,9	5,1	18,5
H34	w	t3	15,1	24,2	12,0	18,1	17,7	27,8	7,7	6,5	17,6
H35	w	t1	7,2	15,1	6,5	13,6	14,5	20,8	6,6	3,8	10,0
H35	w	t2	9,8	19,1	8,4	15,1	15,1	20,4	6,8	4,2	13,7
H35	w	t3	9,2	17,6	8,2	16,3	15,9	20,0	7,0	6,3	11,1
H38	w	t1	13,8	19,0	7,1	12,4	12,8	28,3	8,0	9,3	10,6
H38	w	t2	11,8	18,9	9,2	13,5	13,5	26,4	8,4	10,2	11,7
H38	w	t3	16,2	19,6	8,9	14,3	15,7	26,5	6,6	13,0	12,9
H39	w	t1	12,1	16,6	10,1	6,9	6,0	21,7	6,6	6,9	3,0
H39	w	t2	13,3	22,1	11,5	12,7	12,4	25,0	8,9	7,2	8,3
H39	w	t3	14,6	19,7	11,0	11,0	11,6	27,6	8,0	9,9	6,8
H40	w	t1	16,6	19,6	11,3	12,4	11,9	25,3	7,0	6,6	10,0
H40	w	t2	17,4	19,6	12,9	15,8	16,5	26,5	6,4	8,7	13,9
H40	w	t3	17,8	21,9	11,7	12,6	13,3	27,9	7,5	9,7	9,2

Tabelle 77b: Einteilung Zeitpunkte (Millimeter) – männliche Probanden

H1-H40 = Anonymisierung der Probanden, m = männlich, t1/t2/t3 = Zeitpunkt 1/2/3

Alle Messwerte sind in Millimeter angegeben. Der Messwert 0,0 weist auf nicht ermittelbare Messwerte aufgrund fehlender Schnittpunkte bei der FRS-Auswertung hin.

Proband	Geschlecht	Zeitpunkt	PASspa-spp	PASocc1	PASocc2	PASme-go	PASb-go	UvulaL	UvulaB	PASpost	PASmin
H2	m	t1	10,1	17,7	8,2	10,3	8,7	21,7	9,3	5,4	5,9
H2	m	t2	13,3	19,0	10,2	10,3	10,1	22,1	7,7	8,7	9,2
H2	m	t3	19,7	21,1	11,6	17,7	17,4	26,0	7,7	13,9	16,6
H3	m	t1	13,8	20,3	8,1	12,5	11,3	24,7	9,3	7,5	5,8
H3	m	t2	14,4	20,3	9,5	14,8	13,4	27,0	9,2	10,7	8,3
H3	m	t3	17,9	23,8	9,6	15,3	14,7	26,1	9,2	11,8	11,5
H5	m	t1	12,5	17,3	8,8	10,1	9,7	26,1	7,0	7,2	7,2
H5	m	t2	19,6	21,8	11,7	14,1	14,5	27,5	7,0	9,4	14,3
H5	m	t3	14,0	18,6	11,4	15,2	15,6	30,7	8,2	10,0	14,3
H8	m	t1	11,3	17,7	6,6	8,2	7,0	26,7	8,7	6,0	3,5
H8	m	t2	23,6	21,6	12,3	14,3	14,0	27,2	6,6	9,1	12,7
H8	m	t3	21,8	22,7	17,6	14,1	14,8	27,0	4,8	14,6	13,9
H9	m	t1	14,4	17,8	8,6	12,7	12,7	26,1	7,4	8,9	6,2
H9	m	t2	19,6	20,3	10,9	12,5	13,0	30,4	7,6	14,0	8,9
H9	m	t3	23,5	19,3	10,4	16,3	18,0	33,4	8,2	15,7	14,5
H11	m	t1	10,4	21,2	9,4	11,7	11,6	23,1	7,8	6,1	4,9
H11	m	t2	17,6	22,8	10,1	12,6	12,9	25,8	7,8	9,7	12,1
H11	m	t3	20,3	24,6	15,6	15,4	16,2	26,7	6,3	12,8	16,0
H13	m	t1	6,8	15,9	2,5	8,6	9,2	29,0	8,5	6,5	5,7
H13	m	t2	15,0	15,6	5,7	9,6	9,6	27,5	7,2	8,4	7,7
H13	m	t3	12,3	14,6	4,5	9,5	9,6	30,4	9,5	5,8	7,1
H14	m	t1	5,3	19,4	9,4	15,6	16,4	19,0	6,0	3,4	14,8
H14	m	t2	9,3	24,4	10,5	17,4	18,2	24,4	7,6	6,3	16,6
H14	m	t3	11,8	22,3	12,3	17,8	18,1	22,6	7,4	8,6	15,9
H15	m	t1	18,9	18,7	10,6	12,5	13,0	25,0	4,6	12,1	12,3
H15	m	t2	17,3	23,5	9,8	14,4	15,1	28,3	5,3	10,6	14,5
H15	m	t3	18,7	19,7	9,5	14,7	14,9	33,5	6,2	13,6	13,3
H16	m	t1	11,0	18,0	10,9	10,4	10,3	21,6	6,8	8,1	5,4
H16	m	t2	14,5	19,0	12,5	14,2	14,7	19,7	5,6	9,3	12,7
H16	m	t3	16,6	18,5	12,3	16,8	15,6	25,8	8,7	11,3	13,2
H19	m	t1	16,8	20,6	11,1	8,5	8,0	29,3	6,6	11,3	7,2
H19	m	t2	20,7	20,9	13,0	11,3	11,5	30,6	6,3	14,7	10,6
H19	m	t3	22,2	22,6	12,6	17,7	20,4	30,7	6,7	15,1	17,7
H20	m	t1	11,3	14,5	6,4	5,9	5,9	26,2	7,9	6,9	6,2
H20	m	t2	17,9	19,3	9,9	9,3	9,4	26,8	5,6	13,1	8,4
H20	m	t3	19,8	20,6	13,3	12,6	12,8	27,6	6,5	15,8	11,5
H24	m	t1	9,3	17,2	6,4	9,9	9,7	25,3	7,9	6,8	6,2
H24	m	t2	12,5	18,7	8,0	11,3	10,6	20,4	6,8	8,1	6,9
H24	m	t3	15,7	16,8	9,8	12,6	11,9	26,7	9,0	11,5	10,6
H25	m	t1	11,0	19,4	9,2	13,9	13,7	26,7	8,6	6,5	10,1
H25	m	t2	14,5	21,7	10,1	13,6	14,1	26,0	8,7	7,7	12,0
H25	m	t3	15,7	21,6	12,0	16,9	18,1	29,0	9,5	8,7	15,7
H26	m	t1	13,1	20,4	10,1	12,4	12,9	20,8	7,1	6,6	10,1
H26	m	t2	18,3	20,6	9,8	16,5	16,8	20,9	6,7	13,2	13,8
H26	m	t3	20,3	20,6	14,1	18,3	19,4	22,7	6,8	14,3	17,1
H28	m	t1	7,9	18,1	8,0	7,9	8,5	25,1	8,7	5,5	4,4
H28	m	t2	10,9	19,2	9,5	11,4	11,9	26,6	7,2	7,4	6,4
H28	m	t3	17,1	0,0	8,4	14,0	14,8	30,7	9,1	8,3	11,4
H37	m	t1	10,2	16,6	6,3	8,0	8,5	25,4	7,8	7,5	7,0
H37	m	t2	13,5	20,5	8,7	9,5	9,9	26,8	8,8	10,9	9,4
H37	m	t3	15,7	18,7	10,7	10,9	11,7	28,5	8,0	12,8	10,7

Tabelle 78b: Prozentuales Wachstum – männliche Probanden

H1-H40 = Anonymisierung der Probanden, m = männlich,

t1-t2 = Zeitraum t1 bis t2, t2-t3 = Zeitraum t2 bis t3, t1-t1 = Zeitraum t1 bis t3.

Die Ergebnisse sind in Prozent angegeben.

Leere Zellen = Diese Werte konnten nicht ermittelt werden

Proband	Geschlecht	Zeitraum	PASspa-spp	PASocc1	PASocc2	PASme-go	PASb-go	UvulaL	UvulaB	PASpost	PASmin
H2	m	t1-t2	32,5	7,3	24,8	0,0	15,3	2,2	-16,7	62,2	56,3
H2	m	t2-t3	47,8	11,2	12,9	71,8	73,0	17,5	-0,5	59,3	80,1
H2	m	t1-t3	95,7	19,4	40,9	71,7	99,5	20,0	-17,1	158,4	181,4
H3	m	t1-t2	4,8	0,0	17,5	17,8	18,2	9,4	-2,0	43,2	43,4
H3	m	t2-t3	23,8	17,5	1,1	3,6	9,9	-3,4	0,9	10,3	38,1
H3	m	t1-t3	29,8	17,6	18,7	22,1	29,9	5,7	-1,1	58,0	97,9
H5	m	t1-t2	56,5	25,6	32,6	39,8	49,8	5,5	-0,4	30,8	97,6
H5	m	t2-t3	-28,7	-14,8	-2,1	7,3	7,5	11,4	16,8	5,9	-0,1
H5	m	t1-t3	11,6	7,0	29,9	50,1	61,0	17,5	16,3	38,5	97,3
H8	m	t1-t2	108,6	22,1	87,5	75,2	101,5	1,9	-23,7	50,9	262,4
H8	m	t2-t3	-7,4	4,8	42,4	-1,3	5,2	-0,4	-27,6	60,7	9,3
H8	m	t1-t3	93,1	28,0	167,1	72,9	111,9	1,5	-44,8	142,5	296,0
H9	m	t1-t2	36,1	14,5	26,4	-1,5	2,4	16,7	2,0	58,3	44,1
H9	m	t2-t3	20,0	-5,1	-4,2	30,1	38,4	9,8	8,1	11,8	62,2
H9	m	t1-t3	63,3	8,6	21,0	28,2	41,7	28,1	10,2	77,0	133,7
H11	m	t1-t2	68,9	7,8	7,7	7,7	11,2	11,5	-0,8	58,3	148,7
H11	m	t2-t3	15,1	7,6	54,5	22,5	25,7	3,7	-19,6	31,7	32,7
H11	m	t1-t3	94,4	16,0	66,3	31,9	39,7	15,6	-20,2	108,5	230,1
H13	m	t1-t2	122,7	-1,8	127,7	10,8	4,4	-5,2	-16,2	29,6	33,4
H13	m	t2-t3	-18,3	-6,2	-20,8	-1,1	-0,7	10,5	32,4	-30,5	-7,9
H13	m	t1-t3	82,0	-7,9	80,4	9,5	3,7	4,8	11,0	-10,0	22,8
H14	m	t1-t2	75,6	25,8	10,8	11,4	11,4	28,6	26,8	84,3	12,7
H14	m	t2-t3	26,5	-8,5	18,1	2,2	-0,6	-7,5	-2,1	36,8	-4,4
H14	m	t1-t3	122,2	15,1	30,8	13,9	10,7	18,9	24,1	152,2	7,7
H15	m	t1-t2	-8,6	26,0	-7,8	15,3	15,9	13,2	15,5	-12,4	18,4
H15	m	t2-t3	8,1	-16,2	-3,1	2,6	-1,4	18,5	16,0	28,1	-8,7
H15	m	t1-t3	-1,2	5,6	-10,7	18,3	14,3	34,2	33,9	12,3	8,0
H16	m	t1-t2	32,1	5,6	15,3	37,0	42,8	-8,6	-17,1	13,9	133,2
H16	m	t2-t3	14,4	-2,7	-2,1	18,3	5,8	30,8	55,7	22,3	3,8
H16	m	t1-t3	51,2	2,7	12,8	62,1	51,1	19,6	29,0	39,3	142,1
H19	m	t1-t2	22,9	1,5	16,6	31,9	43,9	4,6	-3,8	29,9	46,6
H19	m	t2-t3	7,2	8,1	-2,5	56,9	77,4	0,3	6,3	2,4	67,1
H19	m	t1-t3	31,7	9,7	13,7	106,9	155,2	4,9	2,2	33,1	145,0
H20	m	t1-t2	57,7	32,7	54,5	58,1	57,9	2,2	-29,1	91,7	34,9
H20	m	t2-t3	10,6	7,1	35,3	34,7	36,3	3,1	17,3	19,8	37,8
H20	m	t1-t3	74,5	42,2	109,0	113,0	115,2	5,4	-16,8	129,7	85,9
H24	m	t1-t2	33,9	9,0	26,4	14,5	8,8	-19,6	-13,7	19,2	10,8
H24	m	t2-t3	25,5	-10,0	21,3	11,0	12,3	31,2	31,9	41,1	53,9
H24	m	t1-t3	68,0	-1,9	53,3	27,1	22,2	5,5	13,8	68,3	70,5
H25	m	t1-t2	32,3	11,8	10,5	-2,2	2,8	-2,9	0,8	18,6	18,7
H25	m	t2-t3	8,0	-0,4	18,8	24,3	28,4	11,6	9,6	13,4	31,5
H25	m	t1-t3	42,8	11,3	31,2	21,5	32,0	8,3	10,5	34,4	56,1
H26	m	t1-t2	40,3	1,2	-3,3	33,5	29,9	0,6	-6,4	97,9	36,0
H26	m	t2-t3	10,6	-0,2	44,2	10,3	15,5	8,7	2,2	8,7	24,1
H26	m	t1-t3	55,2	1,0	39,6	47,2	50,0	9,3	-4,4	115,1	68,8
H28	m	t1-t2	38,9	6,2	17,7	44,0	40,3	6,3	-16,9	35,4	43,8
H28	m	t2-t3	56,3		-11,0	22,4	23,9	15,1	25,8	11,0	77,7
H28	m	t1-t3	117,0		4,8	76,3	73,8	22,4	4,6	50,4	155,5
H37	m	t1-t2	32,4	23,9	37,6	18,8	16,5	5,1	13,2	45,3	34,8
H37	m	t2-t3	16,7	-8,6	22,1	14,8	18,4	6,4	-9,7	17,6	14,3
H37	m	t1-t3	54,5	13,2	68,0	36,4	38,0	11,9	2,2	70,8	54,0

Tabelle 79: Prozentuales Wachstums - Mittelwerte

gesamt = weibliche und männliche Probanden betreffend, w = weiblich, m = männlich,
t1-t2 = Zeitraum t1 bis t2, t2-t3 = Zeitraum t2 bis t3, t1-t1 = Zeitraum t1 bis t3.

Die Ergebnisse sind in Prozent angegeben und geben die Mittelwerte aus den vorangegangenen Tabellen wieder.

Geschlecht	Zeitangabe	PASspa-spp	PASocc1	PASocc2	PASme-go	PASb-go	UvulaL	UvulaB	PASpost	PASmin
gesamt	t1-t2	28,0	10,2	18,1	22,2	24,0	2,5	-2,7	32,8	42,1
gesamt	t2-t3	14,0	1,6	9,9	8,6	10,9	8,8	6,0	23,7	9,1
gesamt	t1-t3	45,8	11,9	29,8	32,7	37,4	11,6	3,2	64,3	55,1
w	t1-t2	10,4	8,4	14,8	23,1	23,9	1,4	0,8	25,6	36,9
w	t2-t3	23,9	3,4	6,7	1,5	3,8	8,5	4,0	28,5	-2,6
w	t1-t3	36,7	12,1	22,6	25,0	28,6	10,0	4,8	61,4	33,4
m	t1-t2	40,5	12,4	22,4	21,2	24,0	3,9	-6,5	40,1	50,0
m	t2-t3	11,1	-0,8	13,7	17,7	20,1	9,2	8,3	19,3	25,2
m	t1-t3	56,1	11,6	39,2	42,7	48,9	13,4	1,3	67,1	87,7