

**Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Universität Würzburg**

Direktorin: Prof. Dr. med. dent. A. Stellzig-Eisenhauer

**Zusammenhang zwischen Gesichtsschädelaufbau, velopharyngealer Morphologie
und Nasalanze bei Personen ohne angeborene Fehlbildungen im orofazialen Bereich**

**Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg
vorgelegt von
Aleksander Dunaj
aus
Sinzheim**

Würzburg, Juni 2004

Referentin: : Prof. Dr. med. dent. A. Stellzig-Eisenhauer

Koreferent: : Priv. - Doz. Dr. Dr. J. Bill

Dekan : Prof. Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 11.07.2006

Der Promovend ist Zahnarzt

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
1.1 Basisdiagnostik von Rhinophonien	2
1.2 Weitergehende Diagnoseverfahren	3
1.3 Nasometrie	4
1.4 Nasopharyngoskopie	5
1.5 Kephalemetrie	7
1.6 Einfluss adenoider Strukturen	9
1.7 Zielsetzung	10
2. Material und Methoden	11
2.1 Patientenkollektiv	11
2.2 Klinische Untersuchung	11
2.3 Nasometrie	12
2.4 Nasopharyngoskopie	15
2.5 Kephalemetrisehe Untersuchung	18
2.6 Statistische Analyse	22
3. Ergebnisse	24
3.1 Einzelanalysen	24
3.1.1 Analyse der Nasalanzmessungen	24
3.1.2 Auswertung der Nasopharyngoskopie	30
3.1.3 Analyse der Fernröntgenseitenbilder	32
3.2 Zusammenhänge zwischen Nasalanz und Endoskopie	36
3.3 Korrelationen zwischen Nasalanz und kephalemetrisehen Werten	39
3.3.1 Einfache Korrelationen	39
3.3.2 Komplexe Beziehungen zwischen kephalemetrisehen Parametern und Nasalanzwerten	42
3.4 Zusammenhänge zwischen Endoskopie und kephalemetrisehen Werten	46
3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse	50

4. Diskussion	52
4.1 Betrachtung der unterschiedlichen Verfahren zur Objektivierung der Beurteilung von Nasalität und velopharyngealer Funktion	53
4.2 Beurteilung der Ergebnisse	58
4.2.1 Nasometrie	58
4.2.2 Endoskopie und Adenoide	61
4.2.3 Auswertung der Fernröntgenseitenbilder	64
4.3 Schlussfolgerungen	67
5. Zusammenfassung	69
6. Literaturverzeichnis	71
7. Anhang: Zusammenstellung der Messwerte	81
7.1 Auswertungsbogen zur Pharyngoskopieanalyse	86

Danksagung

Curriculum vitae

1. EINLEITUNG

Jede Sprache verfügt über ein charakteristisches Klangbild, das durch die Kombination von Vokalen und Konsonanten sowie deren unterschiedliche Nasalierung gekennzeichnet wird. In Abhängigkeit von sozialen Faktoren wie Herkunft sowie familiäres und gesellschaftliches Umfeld der betreffenden Person, von regionalen Besonderheiten des Geburts- oder Wohnortes wie dialektale Sprachfärbungen, und nicht zuletzt von individuellen anatomisch-physiologischen Faktoren können Abweichungen davon gegeben sein.

Die notwendige anatomische Voraussetzung für diese Klangbilder und ihre Variationen ist die Abtrennung des Naso- vom Oropharynx durch das Gaumensegel und dadurch die unterschiedliche Beteiligung der suprapalatalen Räume des Ansatzrohres (Nasopharynx und Nasenhöhlen) an der Phonation. Haben Nasenrachenraum und Nasenräume hörbaren Anteil an der Lautbildung, spricht man von Nasalierung. Der hierbei entstehende auditive Eindruck, hervorgerufen durch Nasalkonsonanten und nasalierte Vokale, wird als Nasalität bezeichnet [78, 101].

Im Hochdeutschen ist die Phonation vorwiegend oraler Natur, die Vokale werden nicht oder in Nachbarschaft von Nasallauten nur sehr geringfügig nasaliert und die einzigen nasalen Laute sind die Rhinophone oder Nasalkonsonanten /m/, /n/ und /ng/. Davon abweichend aber können dialektale Einflüsse, wie beispielsweise im sächsischen Sprachraum, das Klangbild durch Nasalierung von Vokalen verändern, und ihm einen regional geprägten charakteristischen nasalen Charakter verleihen.

Als Näseln oder Rhinophonie wird eine Störung des Stimmklanges durch zu intensive oder zu geringe Beteiligung der suprapalatalen Räume an der Phonation definiert. Nach unterschiedlicher Lokalisation und Genese unterscheidet man zwischen Rhinophonia aperta, clausa und mixta sowie organica und functionalis [2].

Physiologischerweise werden bei der Bildung nichtnasaler Laute Oro- und Nasopharynx durch den velopharyngealen Abschluss unter der Beteiligung von Gaumensegel- und oberer Rachenmuskulatur abgetrennt. Bei der Hyperrhinophonie (Rhinophonia aperta) hingegen besteht dabei eine ständige Verbindung zwischen Mund- und Nasenhöhle. Dieser können organische Ursachen wie Gaumenspalten, Gaumenmissbildungen oder Inkompetenz des velopharyngealen Abschlusses (VPI) zugrunde liegen

(Rhinophonia aperta organica), oder seltener funktionale Ursachen ohne nachweisbaren organ-pathologischen Befund (Rhinophonia aperta functionalis).

Die Hyporhinophonie (Rhinophonia clausa) hingegen ist durch Störung der Luftpassage durch die Nase bei der Bildung nasaler Laute gekennzeichnet. Sie kann ebenfalls entweder organisch oder funktional bedingt sein. Organische Atemhindernisse können dabei dauerhaft infolge von Tonsillenhypertrophie, Septumdeviationen, Muschelhypertrophie sowie Nasenpolypen vorliegen, oder temporär infolge allergischer Reaktionen bzw. entzündlich bedingter Schwellungszustände wie z.B. Schnupfen.

Die Rhinophonia mixta schließlich stellt eine Mischform aus wiederum organisch oder funktional verursachtem offenem und geschlossenem Näseln dar.

1.1 Basisdiagnostik von Rhinophonien

Die Diagnose und Einteilung der Rhinophonien erfolgt üblicherweise aufgrund subjektiver auditiver Beurteilung durch Logopäden in Kombination mit einer einfachen klinischen Diagnostik möglicher organischer Ursachen durch einen HNO-Arzt.

Bei der logopädischen Klassifizierung kommen verschiedene Bewertungsskalen zur Anwendung, die im Wesentlichen in mehreren Abstufungen die Bandbreite des Höreindrucks zwischen nicht und hochgradig nasal abdecken. In der Literatur häufiger angeführt wird eine 6-Punkte-Skala, die das Ausmaß der Hyperrhinophonie als hochgradig (5), mittel-hochgradig (4), mittel (3), gering-mittel (2), gering (1) bzw. keine (0) beschreibt [14, 16, 90]. Weiterhin werden von Counihan und Cullinan [5] und Hardin et al. [39] eine analog abgestufte 7-Punkte-Skala, von Fletcher et al. [29] und Watterson et al. [99] eine 5-Punkte-Skala angewendet. Paynter et al. [72] verwenden eine 9-Punkte-Skala, bei der anhand Werte mit negativen Vorzeichen die Ausprägung von Hyponasalität, anhand Werte mit positiven Vorzeichen die von Hypernasalität angegeben wird. Für die korrekte Klassifikation ist dabei die klinische Erfahrung der Logopäden entscheidend [29, 72].

Zwar haben Untersuchungen gezeigt, dass erfahrene Beurteiler die Nasalität der Sprache mit hoher Zuverlässigkeit einschätzen können [36, 39], dennoch sind die logopädischen Einschätzungen mit dem Nachteil der Subjektivität behaftet. Dies macht eine objektive

Bestätigung der Verdachtsdiagnose, besonders bei indiziertem therapeutischem Eingreifen, wünschenswert [93].

Die klinische Diagnostik umfasst zum einen die visuelle Beurteilung der oralen und pharyngealen Strukturen mittels Mundspiegel und Rhinoskop. Zusätzlich werden einfache klinische Tests durchgeführt. Dazu gehört beispielsweise die Czermaksche Probe, bei der ein kalter Spiegel mit kreisförmigen Markierungen durch Beschlagen dem Nachweis von durch die Nase ausströmender Luft dient. Weiterhin seien hier noch das Kulissenphänomen und Nachweis von latenter neuromuskulärer Veluminsuffizienz, beide nach G. Boenninghaus, angeführt. Beim ersteren ist bei vorliegender halbseitiger Lähmung des oberen Schlundschwürers ein Verziehen des Gaumensegels zur gesunden Seite hin zu beobachten. Die Veluminsuffizienz hingegen macht sich durch Auftreten eines offenen Näsels nach davor erfolgtem Entgegenwirken der Gaumenhebung durch stärkeres Niederdrücken der Zunge bemerkbar. Diese und weitere Diagnoseverfahren ermöglichen eine einfache, aber leider nur grobe Abschätzung der einer Hyper- oder Hyporhinophonie zugrundeliegender anatomisch-funktionaler Ursachen [4, 101].

1.2 Weitergehende Diagnoseverfahren

Zur Objektivierung und Stützung der logopädischen und klinischen Beurteilung wurden daher verschiedene Verfahren mit unterschiedlichen technischen Ansätzen entwickelt und angewendet.

So propagierten beispielsweise Dalston et al. [8, 9, 11, 12] die optische Photodetektor-Untersuchung, bei welcher der Grad der Unvollständigkeit des Gaumensegelabschlusses anhand der Registrierung der durch die Restöffnung durchtretenden Lichtmenge abgeschätzt wird.

Warren et al. [95, 96, 97, 98] entwickelten aerodynamische Prüfungen des velopharygealen Verschlusses, so das Pressure-Flow-Verfahren, bei dem durch Luftstrom- und Druckabfallmessung die Größe der Restöffnung ermittelt wird, sowie das apparativ vereinfachte Perci-Verfahren, das die Öffnungsgröße alleine durch eine Druckdifferenzmessung bewertet.

Von Skolnick et al. [85, 86, 87] wurde die Video-Fluoroskopie angewendet, eine videogestützte Röntgen-Fluoreszenz-Diagnostik mit lateraler und frontaler Darstellung der Rachen- und Gaumenstrukturen während ihrer funktionalen Bewegungen.

Die elektromagnetische Artikulographie nach Engelke et al. [22] ermöglichte hingegen eine Analyse der Gaumensegelmotorik nach dem Induktionsprinzip zwischen angebrachten Sender- und Empfängerspulen, die Palatographie nach den gleichen Autoren die Betrachtung der Interaktion zwischen Zunge und Gaumenrücken anhand farblicher Darstellung der Kontaktstellen.

Von Horii et al. [43, 44] wurden Vibrationsmessungen der Nase nach dem Prinzip der Akzelerometrie durchgeführt, und darauf basierend der sogenannte HONC-Index als Abschätzung des Verhältnisses von nasaler Amplitude zu Stimmamplitude ermittelt.

Bei Moon et al. [65] schließlich kam computertomographische Diagnostik zur Anwendung, indem die velopharyngeale Region in Ruhe und während der Phonation anhand von Schichtaufnahmen betrachtet wurde, Honjo et al. [42] kombinierten diese zusätzlich mit endoskopischer Betrachtung dieser anatomischen Strukturen.

Weitaus die meisten dieser Methoden waren jedoch entweder mit zu großem apparativen Aufwand behaftet, invasiv oder aber mit Belastungen für den Patienten verbunden, so dass sie sich in der klinischen Routine nicht oder nur eingeschränkt etablieren konnten.

1.3 Nasometrie

Allein das von Fletcher 1972 [27] entwickelte Tonar II und das Nachfolgemodell Nasometer, bei welchen das Verhältnis von nasaler zu oraler akustischer Energie ermittelt wird, hat als nichtinvasives, und nicht zuletzt preiswertes Verfahren zur Diagnostik und Therapie bei Gaumenspaltpatienten größere Verbreitung im angloamerikanischen Raum gefunden, dessen klinische Eignung durch diverse Studien bestätigt wurde [10, 13, 14, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 39, 70, 71]. Auch aus Deutschland, Finnland und China liegen hierzu positive klinische Erfahrungen vor [37, 40, 60, 90].

Das Prinzip der Nasometrie ist die getrennte Messung des während der Phonation aus Nase und Mund kommenden akustischen Ausstoßes. Dies wird erreicht, indem

der untersuchten Person eine Trennplatte angelegt wird, die zum einen die Abtrennung der oralen und nasalen akustischen Signale bewirkt, und zum anderen deren separate Aufnahme mittels zweier an der Platte angebrachter Richtmikrophone ermöglicht. Der Nasalanz genannte prozentuale Anteil der nasalen akustischen Energie an der Gesamtsprache ist dann der Indikator für auftretende physiologische oder unphysiologische Nasalität.

So ist bei Lauten, die im Hochdeutschen nicht nasaliert und daher physiologischerweise bei geschlossener nasopharyngealer Luftpassage ausgesprochen werden, wie den Vokalen, den Plosiven /p/, /t/, /k/ und den Zischlauten /f/ und /sch/, ein nur geringer nasaler akustischer Energieanteil und damit niedrige Nasalanzwerte zu erwarten. Hohe Nasalanzwerte treten hingegen bei Nasalkonsonanten wie /m/, /n/ und /ng/, die mit geöffneter Nasopharynxpassage und somit erhöhtem nasalem Anteil an akustischer Energie angelautet werden.

Werden hingegen im ersten Fall erhöhte Nasalanzen gemessen, ist es ein Anzeichen für Hyperrhinophonie, im zweiten Fall sind verminderte Nasalanzwerte ein Anzeichen für Hyporhinophonie. Damit ermöglicht die Nasometrie eine Quantifizierung der subjektiven logopädischen Rhinophonieeinschätzung [40, 90].

Eine Reihe von Untersuchungen beschäftigte sich bereits mit dem Grad der Übereinstimmung zwischen logopädischen Einschätzungen und Nasometrie. Weitgehend die meisten Autoren berichteten hierbei über ein hohes bis sehr hohes Ausmaß gleicher Bewertungen. Dabei wurden meist hinsichtlich der Spezifität, d.h. durch Logopädie und Nasometermessung übereinstimmend als nicht hypernasal eingeschätzten Personen noch bessere Werte erreicht als hinsichtlich der Sensitivität, d.h. der übereinstimmend als hypernasal eingeschätzten Personen [14, 16, 39, 90].

1.4 Nasopharyngoskopie

Entscheidende Bedeutung für die Entstehung einer Hyperrhinophonie hat, wie bereits erwähnt, die Vollständigkeit der Abtrennung zwischen Naso- und Oropharynx. Dieser velopharyngeale Verschluss erfolgt durch die Gaumensegelmuskulatur (M. levator veli palatini) gegen die seitliche und hintere Rachenwand

(M. constrictor pharyngis superior, M. palatopharyngeus). Funktionsstörungen des Abschlussmechanismus können dabei bis zu einem gewissen Grad durch den sogenannten Passavantschen Wulst, die verstärkte Kontraktion des oberen Schlundsnürers zum Velum hin, kompensiert werden [32, 87].

Zur direkten Beurteilung der Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses hat sich hier vor allem die flexible Videonasopharyngoskopie als verlässliche Methode erwiesen und inzwischen breite klinische Anwendung gefunden. Die durch die Nase geführte elastische Fiberoptik des Endoskops erlaubt die genaue Betrachtung der Strukturen des Gaumensegels und der oberen Pharynxanteile in Ruhe und vor allem in Funktion während der Lautbildung, ohne dabei störend zu interagieren. Die erfolgten Beobachtungen können auf Videoband dokumentiert werden und sind daher jederzeit reproduzierbar. Diverse Studien bestätigten die einfache Durchführbarkeit, erfolgreiche Endoskopien seien hiernach bereits ab einem Alter der Patienten von 3 bis 5 Jahren möglich [17, 18, 19, 20, 47, 50, 51, 59, 62, 64, 67, 94, 104].

In der endoskopischen Ansicht wird bei der Beobachtung der Vollständigkeit des oronasalen Abschlusses erkennbar, dass der velopharyngeale Verschlussmechanismus bei verschiedenen Personen unterschiedliche Bewegungs- und Verschlussmuster aufweisen kann. Diese sind abhängig vom Ausmaß der Beteiligung einzelner Muskelanteile des hinteren und lateralen Pharynx und des Gaumensegels.

Von Skolnick et al. [86] wird hier ein Sphinktermechanismus postuliert, wobei eine Unterscheidung zwischen koronarem, zirkulärem und sagittalem Verschlussmuster gemacht wird. Das koronare Verschlussmuster ist danach durch die hauptsächliche Beteiligung des Velums an der Schließbewegung gekennzeichnet, beim sagittalen liegt der Hauptanteil der Bewegung bei der seitlichen Pharynxmuskulatur und beim zirkulären sind beide etwa gleichstark beteiligt. Zusätzlich kann beim zirkulären Verschlussmuster der Passavantsche Wulst als eine Vorwölbung der posterioren Pharynxwand in seiner kompensatorischen Funktion einen besseren oronasalen Abschluss bewirken.

Auch die Studien von Croft et al. [7] verwendeten eine analoge Klassifikation, die außerdem auch von anderen Autoren übernommen wurde [23, 51]. Untersuchungen über mögliche Korrelationen zwischen Auftreten dieser verschiedenen Verschlussmuster und nasaler Phonation liegen jedoch bis dato nicht vor.

1.5 Kephalometrie

Von Interesse für die Evaluation möglicher Faktoren, die eine Ausprägung von Rhinophonien begünstigen, ist ebenfalls die Vermessung der anatomischen Strukturen des Schädels und hierbei besonders der velopharyngealen Region. Als probates Mittel bietet sich hier das in der Kieferorthopädie routinemäßig verwendete Fernröntgen-seitenbild (FRS) an, das eine Analyse des Knochenskeletts und diverser Weichteilstrukturen wie Gaumensegel, Zunge und Adenoidgewebe erlaubt.

Kephalometrische Untersuchungen des Velopharynx wurden bereits von verschiedenen Autoren mit unterschiedlichen Zielsetzungen durchgeführt.

So untersuchten Linder-Aronson [57] und Holmberg et al. [41] den Einfluss von Adenoidgewebe bei Kindern auf die nasale Luftpassage und dadurch induzierte Mundatmung. Dabei verwendeten sie ein Analyseschema mit besonderer Berücksichtigung der Knochen- und Weichteilstrukturen des velopharyngealen Raumes. Dieses Schema wurde auch analog von Kerr [54] in seiner Studie über die Korrelationen zwischen Nasopharynxdimensionen, Überbiss und Gesichtshöhe übernommen.

Haapanen et al. [36] verwendeten eine partiell daran angelehnte Vermessung in ihrer Untersuchung, in der sie gewisse Zusammenhänge zwischen auftretender Hypernasalität und der sagittalen Dimensionen des Nasopharynx bei Gaumenspaltpatienten feststellten.

Jakhi et al. [48] fanden wiederum heraus, dass bei Normalpersonen ohne Lippen-Kiefer-Gaumen-Segel-Spalten (LKGS) hypernasale Sprache kephalometrisch mit größerem Volumen der pharyngealen Kavität und vor allem deutlicher Verkürzung des weichen Gaumens vergesellschaftet sei.

Simpson et al. [82, 83, 84] analysierten die Bewegung und Länge des Gaumensegels anhand von Bildserien. Dabei stellten sie fest, dass eine Streckung des Velums mit gleichzeitiger Verdickung des posterioren Bereiches als kompensatorischer Mechanismus die Kompetenz des Verschlusses verbessern und Hypernasalität entgegenwirken könne.

Poole et al. [74] betrachteten den Einfluss von Adenoidgewebe im Nasopharynx und schlugen als Indikatoren für nasale Luftwegsobstruktion durch Adenoide mehrere kephalometrische Variablen vor, so den durch Adenoidgewebe belegten Anteil des

Nasopharynx und sagittale Pharynxdimensionen zwischen hinterer Begrenzung der Oberkiefer-Basis und dem Adenoidgewebe der posterioren Rachenwand.

Handelman und Osborne [38] stellten fest, dass während des Wachstums die Vergrößerung des Nasopharyngealvolumens fast ausschließlich auf seine mit dem Alter steigende Höhe bei nahezu konstanter Tiefe zurückzuführen sei.

Smahel und Müllerova [88] berichteten analog steigende Velopharynxkapazität aufgrund von vertikaler Gaumenabsenkung bei nahezu konstant bleibender anterior-posteriorer Lage. Sie untersuchten ferner Kinder mit und ohne Spaltfehlbildungen anhand vorwiegend linearer velopharyngealer Fernröntgenseitenbild-Messungen und fanden bei den Spaltpatienten infolge posterior verschobener Maxilla eine reduzierte Pharynxtiefe und damit eingeengten Luftweg, ohne dass dabei eine Adenoidhypertrophie eine Rolle spielen würde.

Müßig und Pröschel [67] schließlich verglichen bei Spaltpatienten kephalometrische Werte mit endoskopischer Betrachtung des velopharyngealen Verschlusses und fanden schlechtere Verschlusskompetenzen bei größerer anteriorer Oberkieferneigung sowie vergrößerter Neigung der mittleren Schädelbasis. Bei ihrer Analyse benutzten sie den sogenannten Pharynxindex aus Velumlänge und Tiefe des Weichteilnasopharynx zur Abschätzung des Übereinstimmungsgrades dieser beiden Strukturen, der hier aber keine statistisch relevante Beziehung zur Verschlusskompetenz zeigte.

Gerade bei Personen ohne Fehlbildungen oder Fehlfunktionen im orofazialen Bereich liegen jedoch nur wenige Erkenntnisse über Zusammenhänge zwischen velopharyngealem Verschlussmuster und Verschlusskompetenz einerseits, und kephalometrischen Analysegrößen andererseits vor.

Von besonderem Interesse ist dabei vor allem der knöcherne und weichteilige Velopharynxbereich sowie einige weitere seine Dimensionen beeinflussende Schädelparameter. Zu diesen gehören zum einen die anterior-posteriore Oberkieferlage in Relation zur vorderen Schädelbasis und weiterhin die Beurteilung seiner eventuell vorliegenden Rotation und damit verbundener Ante- oder Retroinklination des Untergesichtes. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt ist außerdem die Wachstumsrichtung des Gesichtsschädels, deren eher vertikale oder horizontale Ausprägung ebenfalls Einfluss auf den Velopharyngealraum haben mag.

1.6 Einfluss adenoider Strukturen

Ein weiterer Faktor, den es letztlich zu berücksichtigen gilt, ist zudem der mögliche Einfluss der adenoiden Gewebe des Nasopharynx auf Phonation und Gaumensegelabschluss.

Die Adenoide gehören zum lymphatischen Organ des Waldeyerschen Rachenringes und sind im nasopharyngealen Raum hauptsächlich an der hinteren und oberen Wand lokalisiert. Sie sind in ihrer Größe relativ zum Nasopharynx zum einen durch die in ihnen bei Kontakt mit Erregern der eingeatmeten Luft ablaufenden immunologischen Prozesse, zum anderen altersabhängig determiniert.

Ihr stärkstes Wachstum erfolgt vom Säuglingsalter bis in die frühe Kindheit, danach erfolgt die Größenzunahme nur noch langsam, während der Pubertät unterliegen sie dann einer zunehmenden Atrophie, und sind bei Erwachsenen nur im geringeren Größenausmaß zu finden [21, 38, 81, 87, 89]. Jonas und Mann [49] postulieren hier allerdings nur eine relative Größenabnahme im pubertären und erwachsenen Alter, bedingt durch die wachstumsbedingte Größenzunahme des Nasopharynx. Die relative Adenoidausdehnung in Relation zum nasopharyngealem Volumen sei nach Gereau und Shprintzen [31] im Übrigen von Person zu Person variabel.

Aufgrund ihrer Lage im Nasopharynx erhalten die Adenoide eine gewisse Rolle beim velopharyngealen Verschlussmechanismus. In der Kindheit ist ein velar-adenoider Verschluss die Norm, und besonders bei Kindern mit Spaltfehlbildungen ist das Vorhandensein einer (individuell verschieden großer Menge) an Adenoidgewebe ein wichtiger Faktor für nicht hypernasale Sprache [31]. Durch die Adenoidmasse wird die Kompetenz des Abschlusses erleichtert, so dass sich bei chirurgischer Entfernung oder Atrophie in manchen Fällen Hypernasalität ausbilden kann [1, 6, 34, 100, 102].

Andererseits kann Adenoidhypertrophie auch zu Hyponasalität durch Einengung des nasalen Luftweges führen. Nach Jonas et al. [49] sei hier aber anatomischen Deformitäten und durch Schwellung der Mukosa bedingten Obstruktionen eine größere Bedeutung beizumessen. Linder-Aronson [57] hingegen machte hypertrophes Adenoidgewebe als einen bei Kindern mit kleiner nasopharyngealer Luftpassage zur Mundatmung führenden Faktor verantwortlich.

Shprintzen et al. [80] berichteten in einer Studie an 20 Patienten von Hypernasalität infolge hypertrophem Tonsillengewebe aufgrund Behinderung der Bewegung der seitlichen Pharynxwände und Interaktion mit dem velopharyngealen Verschluss; ähnliches wurde auch von MacKenzie-Stepner et al. [61] und Kummer et al. [55] beobachtet.

Inwieweit und ob Adenoid- oder Tonsillengewebe bei Erwachsenen eine die velopharyngeale Verschlusskompetenz positiv oder negativ beeinflussende Bedeutung haben kann, bleibt zu eruieren.

1.7 Zielsetzung

Ziel dieser Studie war die Untersuchung der möglichen Zusammenhänge zwischen Nasalität der Sprache, endoskopischen Mustern des velopharyngealen Verschlusses und kephalometrischen Parametern unter besonderer Berücksichtigung des adenoiden Gewebes im Nasopharynx bei deutschsprachigen Personen ohne angeborene Fehlbildungen im orofazialen Bereich.

Hierbei wurde im einzelnen folgenden Fragen nachgegangen :

1. Welche Kompetenz besitzt der velopharyngeale Verschluss und welche muskulären Verschlussmuster liegen vor ?
2. Besteht ein Zusammenhang zwischen Verschlusskompetenz, Verschlussmuster und Ausmaß der Nasalität ?
3. Gibt es Korrelationen zwischen kephalometrischen Parametern von Schädel und Velopharynx, Nasalitätsgraden und endoskopischer Beurteilung der Verschlussmuster und der Verschlusskompetenz ?
4. Hat das adenoide Gewebe des Nasopharynx einen Einfluss auf Nasalität und velopharyngealen Verschluss ?

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1 Patientenkollektiv

Im Rahmen dieser Studie wurden 53 Normalpersonen, allesamt Studenten der Zahnmedizin am Klinikum der Universität Heidelberg, untersucht, die sich freiwillig zur Verfügung gestellt haben. Davon waren 30 Personen männlichen, 23 weiblichen Geschlechts; das Alter der Probanden lag zwischen 22 und 41 Jahren, das Gesamtdurchschnittsalter betrug 27 Jahre (Abb.1). Alle Personen wurden klinisch HNO-ärztlich voruntersucht, es folgten jeweils eine Sprachaufnahme mit dem Nasometer, eine Nasopharyngoskopie mittels flexiblen Endoskops und die Anfertigung eines Fernröntgenseitenbildes (FRS).

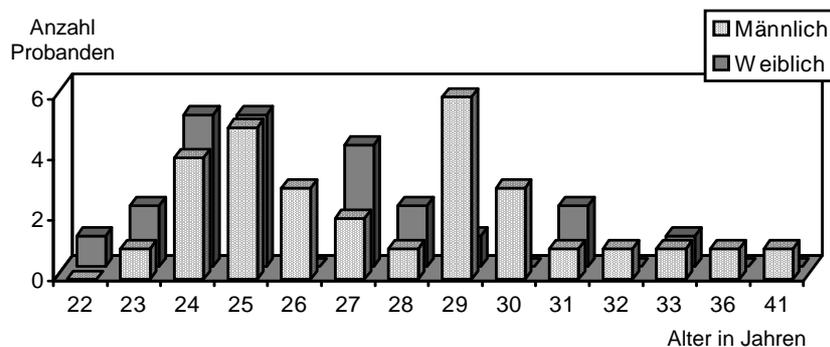


Abb.1: Altersverteilung der Probanden nach Geschlecht

2.2 Klinische Untersuchung

Die von einem HNO-Facharzt durchgeführte Untersuchung umfasste Ohren, Nase und Rachenraum und diente einer ersten Abschätzung von möglicherweise die weitere Analyse beeinflussender Faktoren. Der Befund der beiden Ohren bezog sich auf Narben, Ergüsse, Paukenröhrchen, Adhäsivprozesse, Perforation, Cholesteatome und sonstige Auffälligkeiten. Weiterhin wurde die Nase auf pathologische Befunde, wie Naseneingangsverengungen, Septumdeviationen, Muschelhyperplasie und Vomerpolster, inspiziert. Die Gaumen- und Rachentonsillen wurden als groß, mittel oder klein klassifiziert und auf Zustand nach Tonsillektomie bzw. Adenotomie untersucht. Abschließend folgte der Befund des Tubenostiums auf Verlegung oder Sekretabsonderungen.

2.3 Nasometrie

Für die Untersuchung wurde das Nasometer Modell 6200 der Fa. Kay Elemetrics Corporation (Pine Brook, NJ, USA) verwendet. Die Analyseanordnung bestand aus der Nasometerplatte, einem Tonbandgerät (Modell Uher 4200), dem Nasometer Modell 6200 und einem Desktop-Personalcomputer (Abb.2).

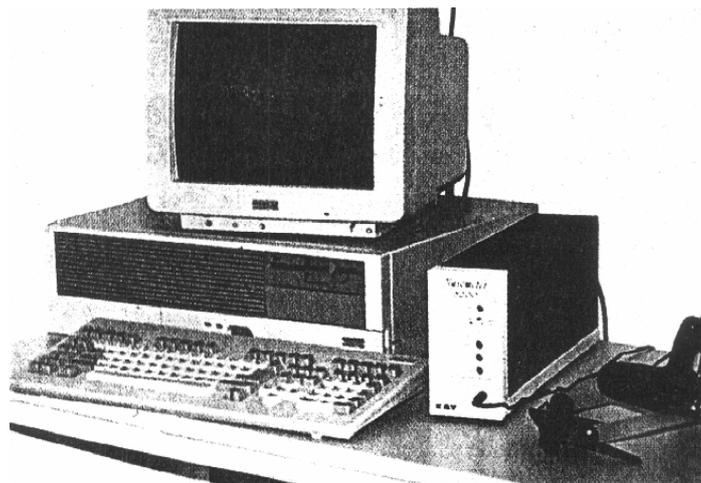


Abb.2: Analyseeinheit bestehend aus Nasometer Modell 6200 der Fa. Kay Elemetrics Corporation und Personalcomputer

Die Nasometerplatte wurde zwischen Mund und Nase senkrecht zur Frontalebene platziert, so dass sie auf der Oberlippe ruhte, und in dieser Position mit Hilfe einer Kopfhalterung fixiert (Abb.3). Die nasalen und oralen akustischen Signale wurden durch

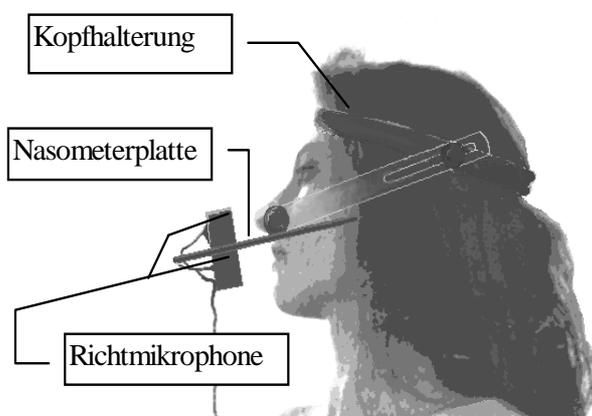


Abb.3: Position der Nasometerplatte bei der Aufzeichnung

jeweils ein an der Ober- und ein an der Unterseite der Platte angebrachtes Richtmikrofon mit einer Dynamikbreite von 50 dB erfasst und nach erfolgter korrekter Adjustierung des Tonbandgerätes auf ein Tonband (BASF ferro LH Hifi DP26) aufgenommen, wobei eine direkte Einspielung in das Nasometergerät ebenso möglich war.

Im Nasometergerät wurden die von Tonband eingespielten Signale analog verstärkt, bei einer elektrischen Trennung von 25 dB zwischen den beiden Verstärkerkanälen, und jeweils durch einen 300 Hz-Breitbandfilter mit einer Zentrumsfrequenz von 500 Hz gefiltert. Anschließend erfolgte die analog-digitale Umwandlung im Computer, wobei die Nasalanz (im Englischen „nasalance“) errechnet wurde.

Diese stellt ein prozentuales Verhältnis der nasalen Signale zur Gesamtsprache dar, das nach der Formel $(\text{Nasal} / (\text{Nasal} + \text{Oral})) \times 100$ ermittelt wurde, wobei höhere Nasalanzwerte mit einem größerem Anteil der nasalen akustischen Energie an der Gesamtsprache, niedrigere mit einem größerem oralen Anteil korrespondieren. Die Nasalanz wurde auf dem Monitor des Computers graphisch als Verlaufsdiagramm über eine von 2 bis 100 Sekunden definierbare Zeitachse (Abb.4) oder als Säulendiagramm dargestellt und konnte auf dem Computer abgespeichert und statistisch ausgewertet werden [53]. Bei der Auswertung wurde die zeitliche Länge der Testlaute mittels manuell gesetzter Marker eingegrenzt und durch das Computerprogramm die mittlere Nasalanz eines bzw. mehrerer Testlaute (Wörter, Sätze) berechnet.

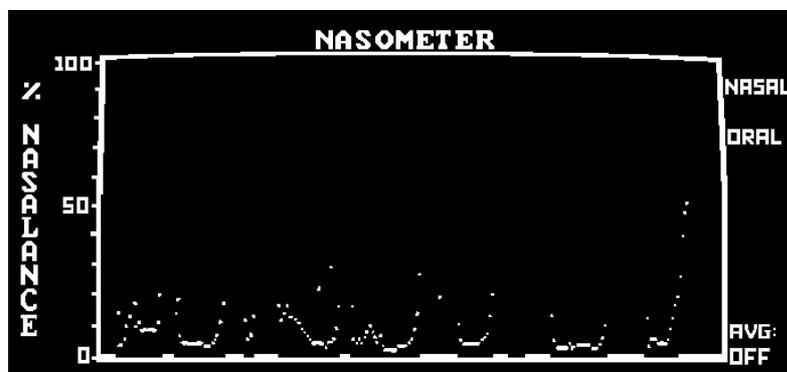


Abb.4: Darstellung der Nasalanz des Satzes „Peter spielt auf der Straße.“ als Verlaufsdiagramm auf dem Computerbildschirm

Für die Untersuchung wurde der von Heppt et al. [40] entwickelte Heidelberger Rhinophonie-Testbogen verwendet (Tab.1). Es wurde sichergestellt, dass keiner der Probanden zum Zeitpunkt der Sprachaufnahme an einer Atemwegerkrankung litt, die das Ergebnis hätte verfälschen können.

Der Rhinophonie-Testbogen ist in drei Gruppen unterteilt. Gruppe 1 umfasst die Vokale /a/, /e/, /i/, /o/ und /u/, die zunächst kurz (ca. 0.5 sec) und nachfolgend lang (ca. 2 sec.) angelautes wurden. Gruppe 2 beinhaltet je drei Wörter, die mit den Plosivlauten /p/, /t/, /k/ und den Geräuschlauten /f/ und /sch/ beginnen und keine nasalen Konsonanten enthalten, sowie zwei Wörter mit einer Nasal-Plosiv-Kombination zum Test auf Gaumensegelinsuffizienz, da diese den velaren Verschlussmechanismus besonders stark beanspruchen. Gruppe 3 besteht aus fünf nichtnasalen Sätzen und zwei Sätzen mit den nasalen Konsonanten /n/ und /m/.

Tab.1: Heidelberger Rhinophonie-Testbogen

<u>Gruppe 1 : Vokale</u>					
a	e	i	o	u	(kurz)
aaaaa	eeeeee	iiiiii	oooooo	uuuuuu	(lang)
<u>Gruppe 2 : Wörter</u>					
Pappe	Tasche	Koffer	Feder	Schiefer	Ampel
Pille	Tulpe	Kerze	Foto	Schere	Lampe
Polster	Tiger	Karte	Feige	Schaukel	
<u>Gruppe 3 : Sätze</u>					
Peter spielt auf der Straße.			Fritz geht zur Schule		
Das Pferd steht auf der Weide.					
Der Vater liest das Buch.			Nenne meine Mama Mimi.		
Die Schokolade ist sehr lecker.			Meine Mama macht Marmelade		

Außerdem wurde bei der Auswertung die Gesamtnasalanz der nichtnasalen Wörter der Gruppe 2 und die Gesamtnasalanz der nichtnasalen Sätze der Gruppe 3 ermittelt. Da nicht das geschlossene, sondern nur das offene Näseln untersucht werden sollte, wurden die nasalen Textpassagen nicht weiter analysiert.

Als Nasalanzgrenzwerte für klinisch relevante Nasalität werden nach Stellzig et al. [90] der Nasometerwert 27, nach Hardin et al. [39] der Wert 26 und nach Dalston et al. [14] der Wert 32 betrachtet.

2.4 Nasopharyngoskopie

Die Analyse der Gaumensegelfunktion und des velopharyngealen Verschlusses während der Lautbildung erfolgte anhand Videoaufnahmen des Velopharynx, die mittels eines flexiblen Nasopharyngoskopes erstellt wurden. Die Untersuchung wurde durch einen HNO-Facharzt der Abteilung für Stimm- und Sprachstörungen sowie Pädaudiologie der HNO-Klinik der Universität Heidelberg durchgeführt.

Dabei erfolgte zunächst anhand eines Vorbefundes mittels Nasenspekulum die Auswahl desjenigen der beiden Nasengänge, der eine einfachere Applikation des Endoskops erwarten ließ. Zur Vasokonstriktion wurde Privin 1:1000 verwendet, Anästhesie erreichte man durch Panthocain 0,5%, die auf einem Wattebausch für 2 bis 3 Minuten in die entsprechende Nasenöffnung eingebracht wurden. Zusätzlich war die Fiberoptik beim Einführen dünn mit 2%igem Xylocaingel bestrichen.

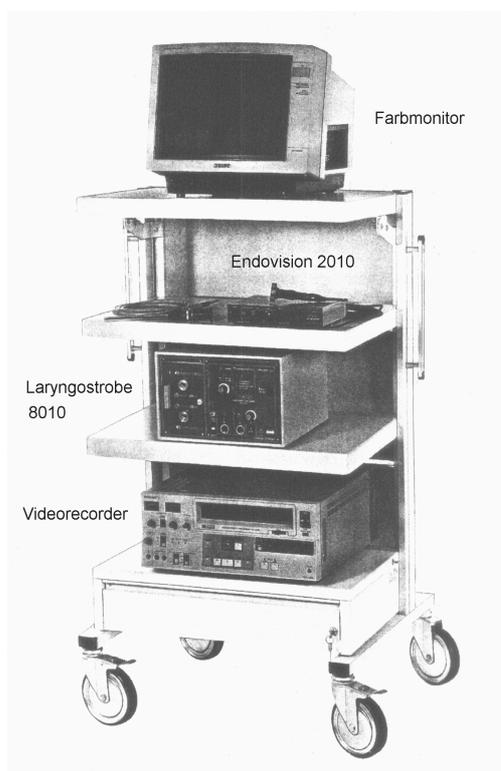


Abb.5: Analyseeinheit für die Nasoendoskopie

Verwendet wurde ein Storz 1001 RR Rhino-Pharyngo-Laryngo-Fiberskop (Abb.6), als Lichtquelle diente das Laryngoscope 8010 der Firma Storz, die Videoaufnahmen erfolgten durch eine Storz Endovision 2010 Farbkamera auf einem Sony VO 5630 Videorecorder System U-Matic (Abb.5).

Die Fiberoptik wurde durch den mittleren Nasengang geführt, nur in seltenen Fällen, wo dies aus anatomischen Gründen nicht möglich war, durch den unteren. Das distale Ende des flexiblen Nasopharyngoskopes war dabei geringfügig dorsal der Choanenöffnung positioniert und zur exakten Darstellung des velopharyngealen Sphinktermechanismus in einem Winkel von 120° bis 140° nach kaudal abgebogen.

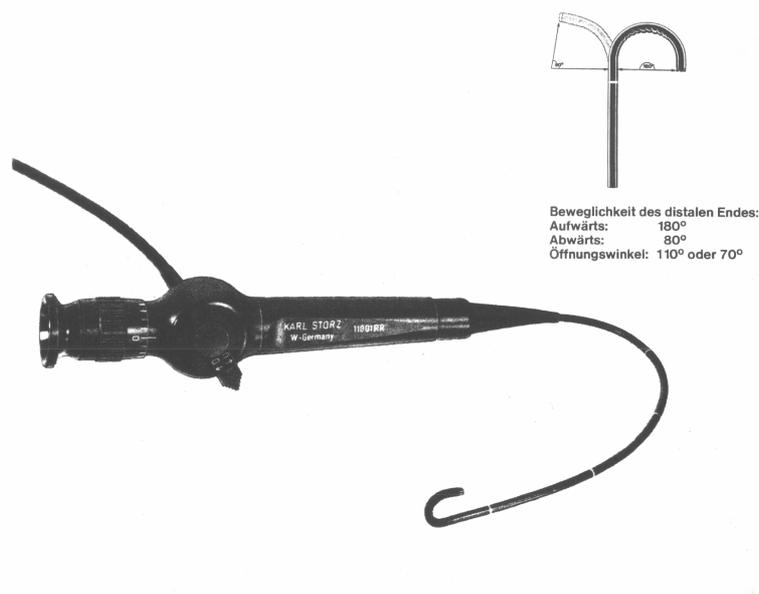


Abb.6: Storz 1001 RR Rhino-Pharyngo-Laryngo-Fiberskop

Zur Anwendung kam, wie schon bei der Untersuchung mit dem Nasometer, der Heidelberger Rhinophonie-Testbogen (Tab.1), wobei auf dem Videoband gleichzeitig zur Bilddokumentation durch ein ca. 20 cm vom Mund des Probanden entfernt positioniertes Mikrophon eine Sprachaufnahme erstellt wurde.

Die Beurteilung der velopharyngealen Strukturen erfolgte durch eine erfahrene Mitarbeiterin der Abteilung für Kieferorthopädie in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Phoniatrie des Klinikums der Universität Heidelberg.

Anhand eines standardisierten Fragebogens (siehe Anhang) wurde die subjektive Einschätzung der Anatomie und Funktion des velopharyngealen Verschlussmechanismus blind, d.h. ohne Kenntnis der untersuchten Person, vorgenommen. Die Beurteilung bezog sich auf die Gesamtheit der Vokale (kurz- und langgesprochen) und der Wörter und Sätze ohne Nasalkonsonanten. Die Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses wurde nach einem sechsstufigen Schema: 0%-, 25%-, 50%-, 75%-, 90%- und 100% bewertet. Bei nicht hundertprozentigem Verschluss wurde die Ätiologie der Inkompetenz wie Formgebung des Adenoidgewebes, Größe der Tonsillen, asymmetrische Bewegung der seitlichen Pharynxwände, Velumasymmetrie, mangelnde Velumbeweglichkeit, verkürztes Velum oder zu großer Pharynx angegeben.

Die entsprechenden Verschlussmuster wurden als koronar, zirkulär, zirkulär mit Passavantschem Wulst oder sagittal eingeteilt (Tab.2, Abb.7). Zusätzlich erfolgte eine Beurteilung der Bewegung der lateralen und posterioren Pharynxwände kaudal der eigentlichen Verschlussebene. Hierbei waren eine unveränderte Beweglichkeit der seitlichen Pharynxwände, eine erhöhte Beweglichkeit, Kontakt der Wände in der Sagittalebene oder Auftreten eines Passavantschen Wulstes an der posterioren Pharynxwand möglich. Der dorsale Kontakt des Velums konnte gegen die hintere Pharynxwand, Adenoidgewebe oder Passavantschen Wulst erfolgen bzw. kein Kontakt gegeben sein.

Zuletzt wurde die Form des Adenoidgewebes als flach, asymmetrisch/diffus, erhaben, nur mittig erhaben, mittig eingezogen oder spaltenförmig ausgebildet eingeteilt und eine eventuell erfolgte Adenotomie vermerkt.

Tab.2: Einteilung der Verschlussmuster des velopharyngealen Abschlusses bei der Endoskopie mit einem flexiblen Nasopharyngoskop

koronar	Die Schließbewegung wird hauptsächlich von der velaren Muskulatur ausgeführt, bei geringer bis keiner Beteiligung der lateralen oder posterioren Pharynxmuskulatur
zirkulär	Der Verschluss erfolgt durch etwa gleichstarke Beteiligung des Velums und der lateralen Pharynxmuskulatur
zirkulär mit Passavant	Zusätzlich zum zirkulären Verschlussmuster (s.o.) wird durch Beteiligung der posterioren Pharynxwand = Passavantscher Wulst der velopharyngeale Verschluss erreicht
sagittal	Der Hauptanteil an der Schließbewegung liegt bei der seitlichen Pharynxmuskulatur bei geringerer Beteiligung des Velums, so dass die lateralen Pharynxwände mittig aufeinandertreffen

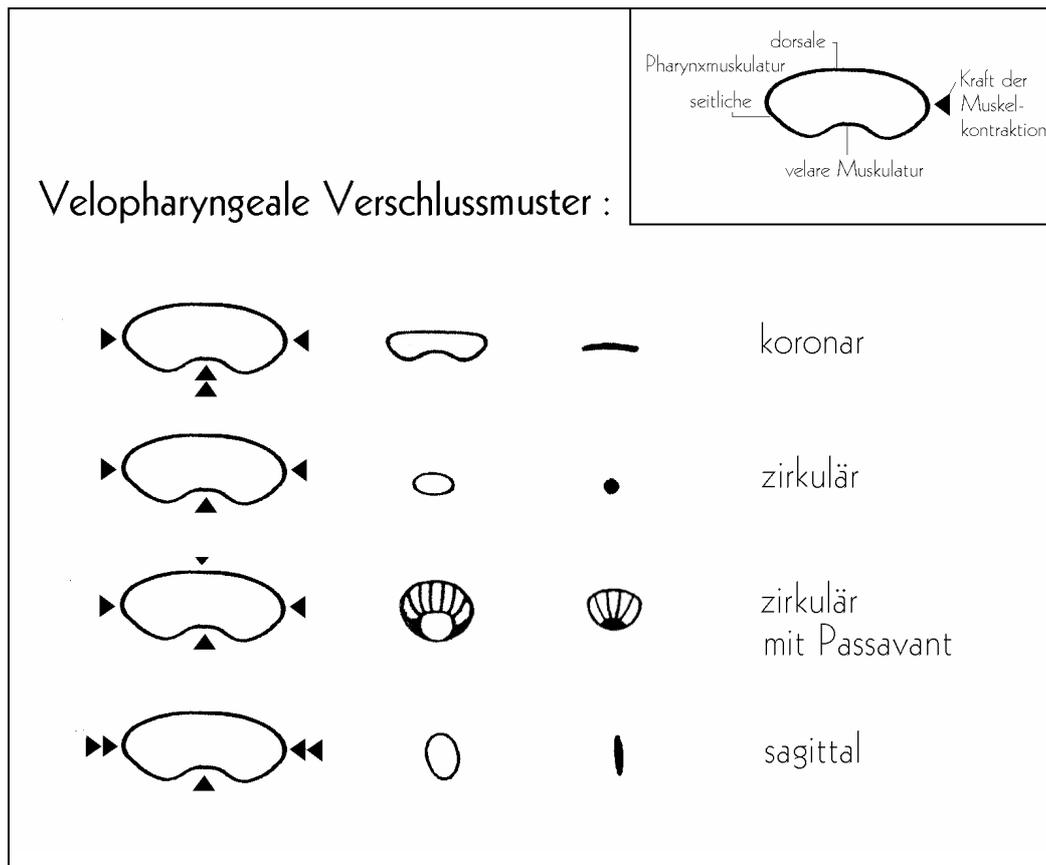


Abb.7: Schematische Darstellung der velopharyngealen Verschlussmuster nach Skolnick et al. [86]

2.5 Kephalometrische Untersuchung

Bei jedem der Probanden wurde ein Fernröntgenseitenbild (FRS) angefertigt und vermessen. Die Röntgenaufnahmen erfolgten mit einem Philips Practix 21 mit einem Film-Focus-Abstand von 148 cm bei einer Profilabdeckung mittels Kupferplatte zur Verstärkung. Die im Schlussbiss angefertigten Aufnahmen wurden nach der Frankfurter Horizontale ausgerichtet, die Strahlenbelastung betrug 80 kV über 0,25 bis 0,40 s. Als Film kamen Kodak T-MAT DG-Filme des Formates 24 x 30 cm zur Anwendung.

Die Vermessung der Fernröntgenseitenbilder erfolgte auf der Grundlage der Heidelberger Analyse, einer Abänderung der Analyse nach Rakosi [75]. Betrachtet wurden dabei aber nur die für das Wachstumsmuster und die sagittale Oberkieferlage sowie seine Schwenkung relevanten Parameter.

Diese Vermessung wurde um eine weiterreichende Analyse des velopharyngealen Raumes entsprechend der Untersuchungen von Linder-Aronson [57] ergänzt.

Die einzelnen Messpunkte, lineare und anguläre Messungen sowie Flächenberechnungen sind in Abb.8 dargestellt und in den dazugehörigen Texten in Tab.3 definiert.

Bei Projektion von Doppelkonturen wurde die Einzeichnung der Punkte in der Mitte der geradlinigen Verbindung zwischen der rechten und der linken Seite der Struktur vorgenommen.

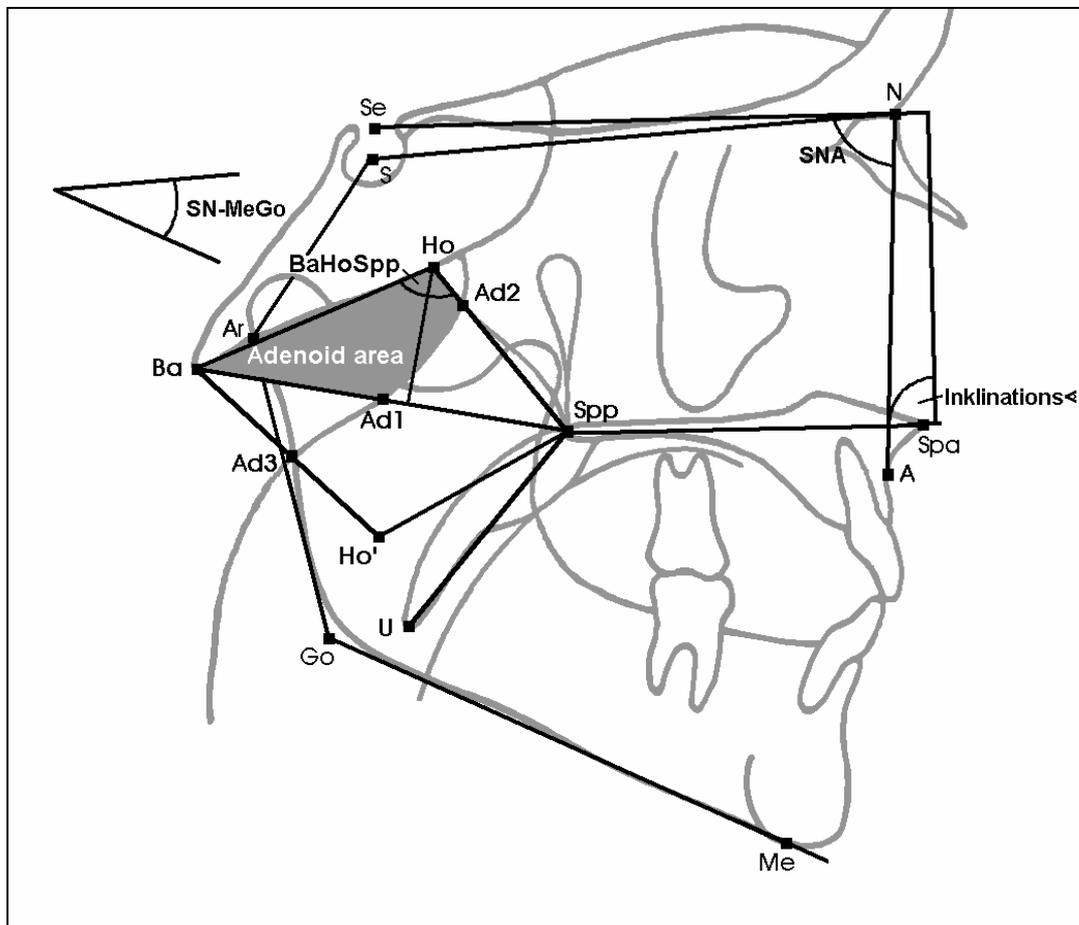


Abb.8: Schematische Darstellung der kephalometrischen Analyse

Tab.3: Definition der Messungen der allgemeinen FRS-Analyse und der Analyse des Velopharynx

<u>MESSPUNKTE :</u>	
N	Nasion: vorderes oberes Ende der Sutura nasofrontalis in der Median-Sagittal-Ebene
S	Sella: Mittelpunkt der Fossa hypophysialis in der Median-Sagittal-Ebene; Einzeichnung nach subjektiver Beurteilung
Se	Mitte Sella-Eingang: Mitte der Verbindungslinie zwischen Proc. clinoideus posterior und Vordereingang der Sella turcica
A	A-Punkt: tiefster Punkt der äußeren Krümmung zwischen OK-Basis und dem Alveolarfortsatz in der Median-Sagittal-Ebene
Ar	Articulare: Schnittpunkt des Hinterrandes des Ramus ascendens mit dem äußeren Rand der Schädelbasis
Go	Gonion: Tangentschnittpunkt der hinteren Ramuslinie mit dem Mandibularplanum
Me	Menton: kaudalster Punkt der Symphysenkontur
Spa	Spina nasalis anterior: am weitesten anterior gelegene Spitze der knöchernen Spina nasalis anterior in der Median-Sagittal-Ebene
Spp	Spina nasalis posterior: dorsale Begrenzung der Maxilla am Schnittpunkt der Verlängerung der Hinterwand der Fossa pterygopalatina mit dem Nasenboden
Ho	Hormion: dorsalster Schnittpunkt des Os sphenoidale mit dem Vomer
Ba	Basion: unterster Punkt am Vorderrand des Foramen magnum in der Median-Sagittal-Ebene
Ho'	Projektion von Ho um die Strecke Ba-Spp
U	kaudalste Spitze der Uvula
Ad1	Schnittpunkt der Linie Ba-Spp mit der Pharynxwand
Ad2	Schnittpunkt der Linie Ho-Spp mit der Pharynxwand
Ad3	Schnittpunkt der Linie Ba-Ho' mit der Pharynxwand
<u>LINEARE MESSUNGEN :</u>	
Ba-Spp	Tiefe des knöchernen Nasopharynx
Ba-Ad1	Dicke der Adenoidschicht längs der Strecke Ba-Spp
Ba-Ho	Länge des pharyngealen Clivus

Tab.3: Definition der Messungen der allgemeinen FRS-Analyse und der Analyse des Velopharynx

Ho-Spp	Länge der dorsalen Kante des Vomer
Spp-Ad1	Abstand der Adenoide am Punkt Ad1 von der Spina nasalis posterior
Spp-Ad2	Abstand der Adenoide am Punkt Ad2 von der Spina nasalis posterior
Spp-Ad3	Abstand der Adenoide am Punkt Ad3 von der Spina nasalis posterior (Spp-Ad1 bis Spp-Ad3 entsprechen jeweils der anterior-posterioren Weite des Nasopharynx zwischen den Weichteilstrukturen)
Spp-U	Länge des weichen Gaumens
Ho⊥ BaSpp	Höhe des knöchernen Nasopharynx
<u>WINKELMESSUNGEN :</u>	
Summenwinkel	Summe der Winkelwerte von Sellawinkel (NSAr), Gelenkwinkel (SArGo) und Kieferwinkel (ArGoMe), dient Angabe der Wachstumsrichtung des Gesichtsschädels (horizontal/vertikal)
SN-MeGo	Winkel am Schnittpunkt der Linie SN mit dem Mandibularplanum, bezeichnet Neigung des UK bezüglich der anterioren Schädelbasis, dient Angabe der Wachstumsrichtung des Gesichtsschädels (horizontal/vertikal)
Inklinationswinkel	distokranieller Winkel am Schnittpunkt der Senkrechten auf SeN in N mit der Linie des Spinaplanums; bezeichnet Einbau des OK zum Spinaplanum: Ante- oder Retroinklination
SNA	Winkel zwischen der Linie SN und der apikalen OK-Basis (A-Punkt), beschreibt Einbau des OK zur vorderen Schädelbasis (orthognath/prognath/retrognath)
BaHoSpp	Dachwinkel des knöchernen Nasopharynx
<u>FLÄCHENMESSUNGEN :</u>	
Nasopharyngeal area (Narea)	durch die Punkte Ba, Ho und Spp begrenzte Fläche des knöchernen Nasopharynx nach der Formel : $\frac{1}{2} \times \text{Ba-Spp} \times \text{Ho} \perp \text{Ba-Spp}$
Adenoid area (Aarea)	durch die Punkte Ba, Ho, Ad1 und Ad2 begrenzte Fläche der Ausdehnung der Adenoide im Nasopharynx nach der Formel: $\frac{1}{2} \times \text{Ba-Ad1} \times (\text{Ho} \perp \text{Ba-Ad2} + \text{Ad1} \perp \text{Ba-Ad2})$

Tab.3: Definition der Messungen der allgemeinen FRS-Analyse und der Analyse des Velopharynx

<u>INDIZES :</u>	
$\frac{SGo}{NMe} \times 100$	prozentuales Gesichtshöhenverhältnis der hinteren zur vorderen Gesichtshöhe, dient Angabe der Wachstumsrichtung des Gesichtsschädels (horizontal/vertikal)
Spp-Ad3 / Spp-U	Pharynxindex: Abstand Adenoide 3 / Velumlänge
AProzent	Anteil der Fläche des Adenoidgewebes an der Gesamtfläche des Nasopharynx in Prozent

2.6 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung der Daten der Studie wurde mittels des Statistikpaketes „SAS für PC“, das kommerziell erhältlich ist, durchgeführt, und erfolgte unter Beratung durch das Institut für Biometrie und Medizinische Statistik der Universität Heidelberg.

Zunächst wurde die basisstatistische Analyse der Daten hinsichtlich Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum und Maximum mittels der SAS-Prozedur „MEANS“ durchgeführt. Das Verteilungsmuster der Daten wurde anhand der SAS-Prozedur „UNIVARIATE“ ermittelt.

Bei Zweigruppenvergleichen unabhängiger Gruppen fand bei möglicher Annäherung durch eine Normalverteilung der Zweistichproben-T-Test (SAS-Prozedur „TTEST“), ansonsten der Wilcoxon-Rangsummentest (SAS-Prozedur „NPAR1WAY“) als parameterfreies Verfahren Anwendung. Zusätzlich wurden 95%-Konfidenzintervalle mittels der SAS-Prozedur „MEANS“ berechnet [33].

Zur Analyse zweidimensionaler Kreuztabellen mit statistischer Validierung anhand des 2-tail Fishers exact-Tests fand die SAS-Prozedur „FREQ“ Verwendung.

Einfache Korrelationen zwischen Variablen wurden durch Bildung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson bei möglicher Annäherung der Daten durch eine Normalverteilung, ansonsten anhand des Spearmanschen Rangkorrelationskoeffizienten ermittelt (SAS-Prozedur „CORR“).

Die multivariate Datenanalyse, d.h. schrittweise Regression und Kollinearitätsanalyse erfolgten mittels der SAS-Prozedur „REG“ und dem SAS-Modul „INSIGHT“.

Statistische Signifikanz der Ergebnisse wurde ab einem Signifikanzniveau von 5% angenommen, wobei zusätzlich die Klassifizierung nach dem 1%- und 0,1%-Signifikanzniveau erfolgte.

Graphische Darstellungen wie Streudiagramme, Histogramme, Differenzen zwischen Mess- und Vorhersagewerten etc. wurden mit der SAS-Prozedur „GPLOT“ und dem SAS-Modul „INSIGHT“ erzeugt.

3. ERGEBNISSE

Die Betrachtung der Ergebnisse der vorliegenden Studie umfasst zunächst die selektive Darstellung und statistische Betrachtung der einzelnen Datenkomplexe aus den Nasalanzmessungen, den Beurteilungen der Nasopharyngoskopiedaten sowie der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder.

Anschließend werden die statistisch relevanten einfachen Korrelationen zwischen diesen Datengruppen beschrieben und mögliche komplexere Zusammenhänge ermittelt.

3.1 Einzelanalysen

3.1.1 Analyse der Nasalanzmessungen

3.1.1.1 Betrachtung der statistischen Basisdaten

Die Analyse umfasste die kurz und lang gesprochenen Vokale /a/, /e/, /i/, /o/ und /u/, sowie jeweils die Gesamtheit der nichtnasalen Testwörter und die Gesamtheit der nichtnasalen Testsätze. Anzumerken sei, dass es sich bei den einzelnen Testlauten bereits um durch das Messprogramm des Nasometergerätes über die Gesamtzeitdauer der Lautartikulation errechnete Mittelwerte handelte.

Die Spannweite der Nasalanzmesswerte erstreckte sich von 1,3% (langes /o/) bis 83,9% (kurzes /i/), wobei die größte Spannweite mit 76,0% beim kurzgesprochenen Vokal /e/ vorlag, die kleinste mit 30,1% bei den Sätzen (Tab.4). Dabei gab es keine auffälligen Unterschiede der Spannweiten der Nasalanzen zwischen den jeweils kurz- und langgesprochenen Vokalen, wohl aber zwischen den Wörtern (41,4%) und den Sätzen (30,1%).

Bei den Sätzen lag der Nasalanzmittelwert bei $14,5 \pm 5,9\%$ (Median 14,1%), die Wörter hatten im Mittel $20,1 \pm 7,3\%$ (Median 20,5%). Im gleichen und darunterliegenden Bereich befanden sich die mittleren Nasalanzwerte des kurzen und langen /o/ (11,8% bzw. 8,1%), sowie des kurzen und langen /u/ (15,5% bzw. 12,5%). Etwas darüber lagen die Mittelwerte der kurzen und langen Vokale /a/ und /e/, deutlich höher hingegen die Werte beim kurzen und langgesprochenen /i/ ($36,9 \pm 17,1\%$ bzw. $31,9 \pm 17,2\%$).

Tab.4: Zusammenfassung der statistischen Basisdaten der Nasalanzmessungen der Probanden: Testlaute /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ kurz- und langgesprochen sowie Wörter und Sätze, alle Werte in %, N=53

	Mittel	σ	Median	Minimum	Maximum
/a/ kurz	28,54	9,54	29,6	10,4	50,9
/e/ kurz	23,89	13,54	22,5	2,5	78,5
/i/ kurz	36,85	17,12	34,9	13,1	83,9
/o/ kurz	11,77	8,27	10,1	2,1	53,7
/u/ kurz	15,51	10,48	12,4	3,1	60,4
/a/ lang	22,98	9,81	23,0	3,2	46,8
/e/ lang	18,80	14,70	15,1	1,9	71,8
/i/ lang	31,94	17,17	31,9	5,2	76,5
/o/ lang	8,06	7,80	6,2	1,3	46,5
/u/ lang	12,53	10,86	9,5	2,5	53,0
Wörter gesamt	20,06	7,32	20,5	4,9	46,3
Sätze gesamt	14,52	5,86	14,1	4,4	34,5

3.1.1.2 Messwertverteilung und statistischer Vergleich der Nasalanzwerte verschiedener Testlaute

Eine notwendige Voraussetzung für die Durchführung statistischer Vergleichsverfahren ist die Analyse der Verteilung der ermittelten Messwerte. Bei vorliegender Normalverteilung $N(\mu, \sigma^2)$ sind die Werte symmetrisch um den Mittelwert = Erwartungswert angeordnet, Mittelwert und Median stimmen überein und 95% der Messwerte liegen innerhalb zwei Standardabweichungen ($\pm 2\sigma$) (Abb.9).

Die Analyse der Nasalanzmittelwerte mit der SAS-Prozedur „UNIVARIATE“ ergab eine annähernde Normalverteilung bei den Nasalanzen der Wörter, der Sätze, des kurzen und langen /a/ und des langgesprochenen Vokals /i/, nicht jedoch bei den übrigen Vokalen. Daher waren im Folgenden sowohl parametrische wie nichtparametrische statistische Verfahren notwendig.

Der Mittelwertvergleich zwischen den Nasalanzen der Testlaute erfolgte wiederum mit der SAS-Prozedur „UNIVARIATE“. Es wurden zunächst Differenzen zwischen den einzelnen Nasalanzwerten gebildet und diese anschließend bei vorliegender bivariater Normalverteilung der Variablen mittels Einstichproben-T-Test, sonst anhand des

Wilcoxon-Vorzeichenrangtests auf statistische Signifikanz untersucht. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse dieser Paarvergleiche in einer Übersicht dargestellt.

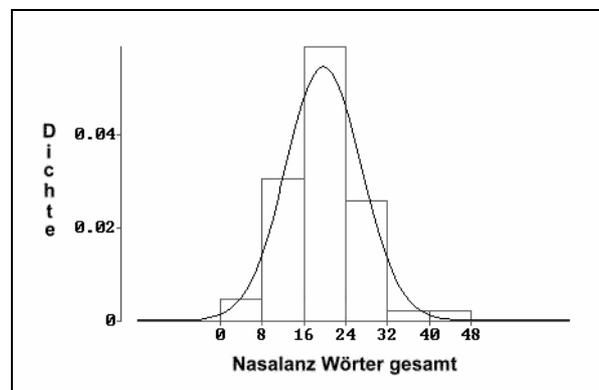


Abb.9: Graphische Darstellung einer annähernd normalverteilten Grundgesamtheit am Beispiel des Histogramms mit Dichteschätzung der Normalverteilung der Nasalanz der Wörter (Nasalanz-Klassenbreite 8%, N=53)

Danach waren keine signifikanten Mittelwertunterschiede zwischen dem kurzen /a/ und langem /i/, dem kurzen /e/ und langem /a/, dem kurzen /o/ und langem /u/, dem kurzen /u/ zum langem /e/ sowie zu den nichtnasalen Sätzen, und dem langem /e/ zu den Wörtern und nichtnasalen Sätzen festzustellen. Die Unterschiede zwischen dem kurzen /e/ und den Wörtern, sowie vom langem /a/ zum langem /e/ und zu den Wörtern lagen lediglich im Bereich zwischen 1-5% Signifikanzniveau. Alle anderen Mittelwerte waren statistisch different auf einem unter 0,1% liegenden Signifikanzniveau.

Zur anschaulichen Darstellung der Nasalanzmesswerte wurden diese weiterhin in Form von Histogrammen aufbereitet (Abb.10), wobei eine Einteilung in Klassen mit 10% Breite erfolgte (Nasalanzen von 0-10%, 11-20% etc.).

Gut erkennbar ist hier die weitgehende Übereinstimmung der Verteilungsformen zwischen den langen und kurzen Vokalen. Auffällig ist dabei die breite und relativ gleichmäßige Verteilung der Nasalanzwerte beim kurzen und langen Vokal /i/, sowie die verstärkte Besetzung der mittleren Bereiche zwischen 30% und 50% beim kurzen und langem /a/. Hingegen sind bei den Wörtern, Sätzen und den restlichen Vokalen die Klassenbreiten bis 30% in der Häufigkeit am ausgeprägtesten, was ebenfalls mit der zuvor erfolgten Betrachtung der Mittelwerte korrespondiert.

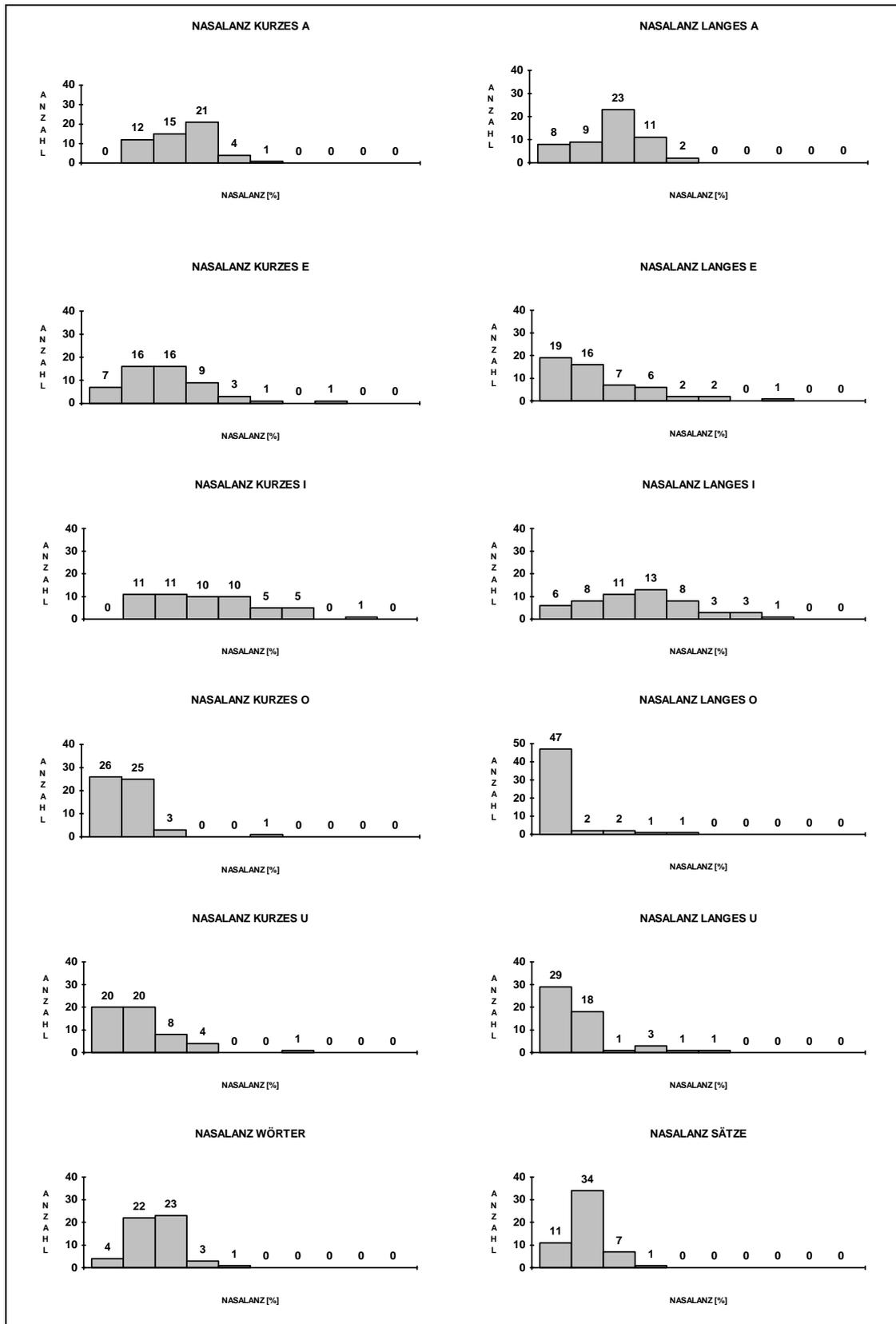


Abb.10: Darstellung der Häufigkeitsverteilungen der Nasalanzwerte der Testlaute als Histogramme mit Klassenbreite 10% mit aufgetragenen zugehörigen Besetzungszahlen

Tab.5: Mittelwertvergleich der Nasalanzmessungen (gepaarter T-Test bzw. Wilcoxon Vorzeichenrangtest) mit Angabe der p-Werte. Nicht signifikante Differenzen werden mit n.s. (grau hervorgehoben), signifikante mit * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,001$) bezeichnet (N=53)**

	/a/ kurz	/e/ kurz	/i/ kurz	/o/ kurz	/u/ kurz	/a/ lang	/e/ lang	/i/ lang	/o/ lang	/u/ lang	Wörter gesamt	Sätze gesamt
/a/ kurz		*** 0,0005	*** 0,0002	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	n.s. 0,1133	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001
/e/ kurz			*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	n.s. 0,9678	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	* 0,0352	*** 0,0001
/i/ kurz				*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001
/o/ kurz					*** 0,0003	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	n.s. 0,8375	*** 0,0001	*** 0,0005
/u/ kurz						*** 0,0001	n.s. 0,1019	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0003	n.s. 0,6371
/a/ lang							** 0,0052	*** 0,0002	*** 0,0001	*** 0,0001	* 0,0139	*** 0,0001
/e/ lang								*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	n.s. 0,1432	n.s. 0,1159
/i/ lang									*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001
/o/ lang										*** 0,0001	*** 0,0001	*** 0,0001
/u/ lang											*** 0,0001	*** 0,0092
Wörter gesamt												*** 0,0001

3.1.1.3 Geschlechtsspezifische Betrachtung der Nasometriedaten

Weiterhin von Interesse ist der Vergleich der Nasalanzwerte zwischen den beiden Geschlechtern (Tab.6). Auffällig erscheint hierbei, dass bei den männlichen Probanden die Nasalanzmittelwerte durchweg niedriger lagen als bei den weiblichen.

Die statistische Aufbereitung erfolgte mittels T-Test bei annähernd normalverteilten Werten, ansonsten kam der Wilcoxon-Rangsummentest zur Anwendung. Es zeigte sich ein auf 0,1%-Niveau signifikanter Mittelwertunterschied zwischen den männlichen und weiblichen Probanden beim langen Vokal /u/, hingegen war die Differenz bei den kurzen Vokalen /a/, /i/ und /u/, dem langen /e/ und /i/, sowie den Wörtern und Sätzen lediglich auf 5% Signifikanzniveau (Tab.7). Bei den berechneten 95%-Konfidenzintervallen lagen übereinstimmend dazu die Mittelwerte der einen nicht im Intervall der anderen Gruppe.

Tab.6: Geschlechtsspezifische statistische Basisdaten der Nasalanzmessungen der Probanden: Testlaute /a/, /e/, /i/, /o/, /u/ kurz- und langgesprochen sowie Wörter und Sätze, alle Werte in %

Nasalanz	männlich (N=30)						weiblich (N=23)					
	Mittel	σ	Median	Minimum	Maximum	95%-Konfidenzintervall	Mittel	σ	Median	Minimum	Maximum	95%-Konfidenzintervall
/a/ kurz	26,02	7,64	25,0	13,3	42,2	23,2 - 28,9	31,82	10,87	33,5	10,4	50,9	27,1 - 36,5
/e/ kurz	21,70	10,43	20,9	6,2	49,2	17,8 - 25,6	26,76	16,59	24,6	2,5	78,5	19,6 - 33,9
/i/ kurz	32,46	15,11	30,2	13,5	68,3	26,8 - 38,1	42,57	18,20	42,3	13,1	83,9	34,7 - 50,4
/o/ kurz	9,90	4,98	9,8	2,4	19,1	8,0 - 11,8	14,22	10,86	10,5	2,1	53,7	9,5 - 18,9
/u/ kurz	12,18	6,72	11,1	3,1	32,5	9,7 - 14,7	19,86	12,86	17,7	5,2	60,4	14,3 - 25,4
/a/ lang	20,72	9,71	22,2	3,2	37,4	17,1 - 24,3	25,93	9,34	26,6	5,6	46,8	21,9 - 30,0
/e/ lang	13,94	9,42	12,4	3,0	48,7	10,4 - 17,5	25,14	17,88	22,4	1,9	71,8	17,4 - 32,9
/i/ lang	26,78	14,84	24,9	5,2	62,5	21,2 - 32,3	38,68	17,96	36,4	6,0	76,5	30,9 - 46,5
/o/ lang	5,82	2,21	5,8	2,1	9,9	5,0 - 6,6	10,99	11,02	7,7	1,3	46,5	6,2 - 15,8
/u/ lang	7,81	4,23	6,8	2,5	17,4	6,2 - 9,4	18,69	13,61	14,3	5,4	53,0	12,8 - 24,6
Wörter gesamt	18,31	6,24	19,2	7,1	31,7	16,0 - 20,6	22,34	8,10	21,5	4,9	46,3	18,8 - 25,8
Sätze gesamt	12,98	4,40	12,9	5,9	21,5	11,3 - 14,6	16,52	6,95	16,6	4,4	34,5	13,5 - 19,5

Tab.7: Darstellung der Nasalanzmesswerte mit zwischen den beiden Geschlechtern statistisch signifikanten Mittelwertunterschieden mit Angabe des statistischen Verfahrens und des zugehörigen p-Wertes und unterteilt mit * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,001$) bezeichnet**

NASALANZ	STATISTISCHES VERFAHREN: T=T-Test, W=Wilcoxon	SIGNIFIKANZ NIVEAU (p-Wert)	
/a/ kurz	T	0,0266	*
/i/ kurz	W	0,0454	*
/u/ kurz	W	0,0147	*
/e/ lang	W	0,0139	*
/i/ lang	T	0,0110	*
/u/ lang	W	0,0003	***
Wörter gesamt	T	0,0460	*
Sätze gesamt	T	0,0282	*

3.1.2 Auswertung der Nasopharyngoskopie

Die Beurteilung der Anatomie und Funktion des velopharyngealen Verschlussmechanismus mittels flexiblem Nasoendoskop bezog sich auf die Gesamtheit der Vokale (kurz- und langgesprochen) und der Wörter und Sätze ohne Nasalkonsonanten.

Die Kompetenz des Velopharynxverschlusses wurde in 39 Fällen als 100%, also vollständig, bewertet, in 14 Fällen als im Bereich 90-% (kleiner 100%) liegend, d.h. geringgradig unvollständig. Bei diesen 14 Personen wurde die Ursache für den unvollständigen Velumabschluss wie folgt diagnostiziert: bei 10 Personen aufgrund der Formgebung des Adenoidgewebes, bei 1 Person aufgrund der Größe der Tonsillen, bei 1 Person wegen asymmetrischer Bewegung der seitlichen Pharynxwände und bei 2 Personen wegen in Relation zum Gaumensegel zu ausgeprägten Pharynxdimensionen.

Das velopharyngeale Verschlussmuster wurde in 40 Fällen als koronar, in 13 als zirkulär klassifiziert. Dabei war bei 35 Personen eine unveränderte, bei 10 Personen eine verstärkte Beweglichkeit der lateralen Pharynxwände kaudal der eigentlichen Verschlusssebene zu verzeichnen, bei 8 Probanden wurde dort das Auftreten eines Passavantischen Wulstes beobachtet. Dieser war bei 6 Personen nur kaum sichtbar und lediglich bei 2 deutlich ausgeprägt. Der dorsale Kontakt des Velums erfolgte in 39 Fällen zu Adenoidgewebe, in 13 zur hinteren Pharynxwand und bei 1 Person war keine dorsale Berührung festzustellen.

Die Form des Adenoidgewebes wurde wie folgt klassifiziert: bei 5 Probanden flach, 2 asymmetrisch-diffus, 9 komplett angehoben, 10 mittig angehoben, 11 mittig eingezogen und bei 8 Probanden von Spalten durchzogen. Bei 8 Personen wurde eine erfolgte Adenotomie festgestellt.

Weiterhin wurde untersucht, ob geschlechtlich bedingte Unterschiede bei den mittels Endoskopie ermittelten Größen vorliegen. Auch mögliche statistisch relevante Differenzen zwischen den Gruppen mit vollständigem und nicht vollständigem velopharyngealem Abschluss sowie mit den beiden bei den untersuchten Personen vorkommenden koronarem und zirkulärem Verschlussmuster in Bezug auf die jeweils anderen untersuchten Merkmalsausprägungen waren von Interesse.

Zu diesem Zweck wurde der 2-tail Fishers exact Test zugrundegelegt, bei dem die Untersuchung von Unabhängigkeit kategoriieller Variablen auch bei kleineren Stichproben und Kreuztabellen mit leeren Zeilen noch Gültigkeit besitzt.

Tab.8: Zusammenhang zwischen Geschlecht und Vollständigkeit des velopharygealen Verschlusses.

		Verschlusskompetenz				Signifikanzniveau (p-Wert)
		100%		90- %		
Geschlecht	m (N=30)	26	86,7%	4	13,3%	0,026
	w (N=23)	13	56,5%	10	43,5%	

Danach bestanden zwischen Personen weiblichen und männlichen Geschlechts nahezu keine statistisch signifikanten Unterschiede die aus der Nasoendoskopie gewonnenen Größen betreffend. Lediglich bei der Verschlusskompetenz war eine auf niedrigerem Signifikanzniveau liegende Differenz zu beobachten (Tab.8). So war bei den männlichen Probanden in 26 Fällen (86,7%) ein vollständiger Gaumensegelabschluss und nur in 4 Fällen (13,3%) ein geringgradig unvollständiger zu beobachten, bei den weiblichen in 13 Fällen (56,5%) ein vollständiger und in 10 Fällen (43,5%) ein geringgradig unvollständiger.

Tab.9: Zusammenhang zwischen Vollständigkeit des velopharygealen Verschlusses und der Formgebung des Adenoidgewebes

Verschlusskompetenz	Adenoidform													
	Adenotomie		flach		asymmetrisch-diffus		komplett angehoben		mittig angehoben		mittig eingezogen		furchen-durchzogen	
100% (N=39)	8	20,5%	5	12,8%	1	2,6%	8	20,5%	5	12,8%	5	12,8%	7	18,0%
90- % (N=14)	0	0%	0	0%	1	7,1%	1	7,1%	5	35,7%	6	42,9%	1	7,1%
Signifikanzniveau	0,018													

Die beiden Gruppen mit vollständigem und geringgradig unvollständigem Verschluss differierten hinsichtlich der Adenoidform (Tab.9). So war die häufigste Formausprägung des adenoidalen Gewebes bei den Personen mit nicht vollständig erfolgreichem Abschluss des Velopharynx ein mittig angehobenes bzw. eingezogenes Adenoidpolster, ferner waren in dieser Gruppe keine Probanden mit durchgeführter Adenotomie.

Hingegen waren in der Gruppe mit vollständigem Verschluss die unterschiedlichen Erscheinungsbilder mit Ausnahme der asymmetrisch-diffusen Form annähernd gleich häufig vertreten.

Zwischen den Personengruppen mit koronarem und denjenigen mit zirkulärem Verschlussmuster fanden sich keine statistisch signifikanten Differenzen. Hier war beim koronaren Verschlussmuster in 75% der Fälle, beim zirkulären in 69% ein vollständiger Verschluss vorhanden.

3.1.3 Analyse der Fernröntgenseitenbilder

3.1.3.1 Fehlerbestimmung

Zur Ermittlung der Relevanz individueller Fehler bei der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder (FRS) wurden 10 nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Röntgenbilder zum zweiten Mal durchgezeichnet und alle Messgrößen erneut bestimmt. Die Ergebnisse der Fehleranalyse sind in Tabelle 10 zusammengefasst. Unter getrennter Beurteilung der unterschiedlichen Arten der Messgrößen wie Strecken, Winkel und Flächen wurde zunächst der Mittelwert der Messdifferenzen zwischen den beiden Auswertungen und dessen Standardabweichung σ_D ermittelt. Da sowohl die erste wie die zweite Messung einem Fehler unterliegen, ist die Varianz des Messdifferenzmittelwertes (σ_D^2) zu halbieren. Somit beträgt die Fehlervarianz des Einzelfehlers $V_E = \sigma_D^2 / 2$, die Standardabweichung des Einzelfehlers wird folglich nach der folgenden Formel ermittelt:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_D^2 / 2}$$

Zur Beurteilung der gesamten Messgenauigkeit wurde weiterhin der von Houston [45] verwendete Reliabilitätskoeffizient wie folgt bestimmt:

$$R = 1 - (V_E / V_{GES})$$

Dadurch wird der Einfluss der messfehlerbedingten Varianz auf die Gesamtvarianz, d.h. die mittlere Varianz aller Messungen einer Kategorie (Strecken, Winkel etc.) verdeutlicht, der Quotient soll laut Houston [45] oberhalb der Größenordnung von 0,9 liegen.

**Tab.10: Ergebnisse der Fehleranalyse der Fernröntgenseitenbilder-
auswertung, N = Anzahl der Doppelmessungen**

	Strecken (mm)	Winkel (°)	Flächen (mm ²)	Flächenquotient (%)
N	90	50	20	10
Mittelwert der Messdifferenz	0,67	1,09	15,85	2,22
Standardabweichung des Einzelfehlers	0,57	0,67	9,37	1,24
Fehlervarianz V_E	0,33	0,45	87,84	1,53
Gesamtvarianz V_{Ges}	658,55	8962,58	12851,44	48,31
Reliabilitätsquotient R	0,999	0,999	0,993	0,968

Es zeigte sich, dass die Relevanz des individuellen Fehlers bei der überwiegenden Anzahl der Messungen als sehr niedrig zu betrachten ist, so betrug er bei den Strecken weniger als 1 mm, bei den Winkeln weniger als 2°. Zur Reduktion des systematischen Fehlers wurde dadurch beigetragen, dass alle Auswertungen im gleichen Zeitraum und von der gleichen Person durchgeführt wurden. Die Reliabilität der Messungen lag zwischen 0,97 und 0,99 und entsprach damit der erforderlichen Größenordnung.

3.1.3.2 Betrachtung der statistischen Basisdaten

Die Fernröntgenseitenbilder wurden entsprechend der um die Messgrößen des velopharyngealen Raumes nach Linder-Aronson erweiterten Heidelberger Analyse durchgezeichnet und vermessen (siehe Methoden Tab.3 und Abb.8). Die ermittelten Werte sind nach den Gruppen der Strecken, Winkel und Adenoidflächen unterteilt in Tabelle 11 dargestellt.

Anhand der Parameter Summenwinkel, SN-MeGo-Winkel und Gesichtshöhenverhältnis wurden die vorliegenden Wachstumsmuster analysiert. Die Auswertung ergab, dass mit 89% (47/53) die weit überwiegende Anzahl der untersuchten Personen ein horizontales bzw. neutrales Wachstum aufwies und nur 6 Personen (11%) durch ein vertikales Wachstumsmuster gekennzeichnet waren.

Der Bestimmung der sagittalen Oberkieferlage anhand des SNA-Winkels zeigte, dass ein retrognather Oberkiefer einbau mit 49% (26/53) genauso häufig wie der ortho-/prognathe Typ mit 51% (27/53) vertreten war.

Tab.11: Zusammenfassung der statistischen Basisdaten der Probanden bezüglich ihrer kephalometrischer Parameter (N=53): Strecken in mm, Winkel in °, Flächen in mm², Quotienten: SGo/NMe und AProzent in %, Spp-Ad3/Spp-U dimensionslos; für die Analyse des Wachstumsmusters relevante Größen dunkelgrau, für den Oberkieferereinbau zur Schädelbasis hellgrau schattiert

FRS-Variable	Mittel	σ	Median	Minimum	Maximum
1) STRECKEN					
BA-SPP	49,55	3,68	50,0	42,0	59,0
BA-AD1	21,47	3,31	21,0	15,5	34,5
BA-HO	34,40	3,90	35,5	26,0	45,0
SPP-AD1	28,14	2,84	28,5	21,5	33,0
SPP-AD2	24,38	2,92	24,0	18,5	30,5
SPP-AD3	33,31	2,45	33,5	27,5	38,0
SPP-U	37,43	4,37	37,0	28,0	49,5
HO-BASPP	19,69	2,32	20,0	15,0	24,5
2) WINKEL					
SUMME	389,96	5,92	390,0	377,0	402,5
SN-MEGO	29,23	5,58	29,0	16,5	42,0
INKLIN	84,87	2,92	85,5	77,0	90,0
SNA	81,14	3,53	81,0	74,5	88,0
BAHOSPP	101,69	8,68	102,0	74,5	123,0
3) FLÄCHEN					
NAREA	487,82	68,54	475,0	378,0	640,4
AAREA	255,15	45,26	259,9	149,5	357,0
4) INDIZES					
SGO/NME	69,31	5,05	68,8	58,3	81,1
SPP-AD3/SPP-U	0,90	0,11	0,91	0,64	1,19
APROZENT	52,33	6,20	51,4	39,6	66,0

3.1.3.3 Geschlechtsspezifische Betrachtung der kephalometrischen Daten

Zusätzlich wurden die aus den Fernröntgenseitenbildern (FRS) ermittelten Mittelwerte der Strecken, Winkel, Flächen und Indizes auf zwischen den beiden Geschlechtern bestehende Unterschiede untersucht (Tab.12). Die statistische Analyse erfolgte wiederum mittels T-Test bei annähernd normalverteilten Werten, ansonsten durch den Wilcoxon-Rangsummentest. Ergänzend wurden ebenfalls die 95%-Konfidenzintervalle berechnet.

Tab.12: Geschlechtsspezifische statistische Basisdaten der Probanden bei der FRS-Analyse: Strecken in mm, Winkel in °, Flächen in mm², Quotienten: SGo/NMe und AProzent in %, SppAd3/SppU dimensionslos

FRS-Variable	männlich (N=30)					weiblich (N=23)				
	Mittel	σ	Minimum	Maximum	95%-Konfidenzintervall	Mittel	σ	Minimum	Maximum	95%-Konfidenzintervall
1) STRECKEN										
BA-SPP	50,68	2,91	44,0	55,0	49,6 - 51,8	48,07	4,10	42,0	59,0	46,3 - 49,8
BA-AD1	22,12	2,29	19,0	27,0	21,3 - 23,0	20,63	4,20	15,5	34,5	18,8 - 22,5
BA-HO	36,58	2,76	32,0	45,0	35,6 - 37,6	31,54	3,29	26,0	39,0	30,1 - 33,0
HO-SPP	29,72	2,55	24,0	35,5	28,8 - 30,7	28,74	2,42	25,5	34,0	27,7 - 29,8
SPP-AD1	28,55	2,50	24,0	33,0	27,6 - 29,5	27,61	3,21	21,5	33,0	26,2 - 29,0
SPP-AD2	24,62	3,06	18,5	30,5	23,5 - 25,8	24,07	2,75	19,5	29,0	22,9 - 25,3
SPP-AD3	33,77	2,25	30,0	38,0	32,9 - 34,6	32,72	2,63	27,5	38,0	31,6 - 33,9
SPP-U	39,47	4,19	32,0	49,5	37,9 - 41,0	34,76	2,99	28,0	39,0	33,5 - 36,1
HO-BASPP	21,00	2,06	16,0	24,5	20,2 - 21,8	17,98	1,31	15,0	20,5	17,4 - 18,6
2) WINKEL										
SUMME	389,00	6,63	377,0	402,5	386,5 - 391,5	391,22	4,68	383,0	400,0	389,2 - 393,2
SN-MEGO	28,05	6,20	16,5	42,0	25,7 - 30,4	30,76	4,30	24,0	39,0	28,9 - 32,6
INKLIN	84,85	3,11	77,0	90,0	83,7 - 86,0	84,89	2,71	80,0	89,0	83,7 - 86,1
SNA	81,52	3,77	74,5	87,5	80,1 - 82,9	80,65	3,21	76,0	88,0	79,3 - 82,0
BAHOSPP	99,67	7,46	83,0	114,0	96,9 - 102,5	104,33	9,59	74,5	123,0	100,2 - 108,5
3) FLÄCHEN										
NAREA	531,49	54,27	412,0	640,0	511,2 - 551,8	430,87	35,06	378,0	515,0	415,7 - 446,0
AAREA	281,90	34,08	185,0	357,0	269,2 - 294,6	220,26	32,60	149,5	297,0	206,2 - 234,4
4) INDIZES										
SGO/NME	70,68	5,70	58,3	81,1	68,6 - 72,8	67,52	3,39	60,5	72,9	66,1 - 69,0
SPPAD3/SPPU	0,87	0,11	0,64	1,14	0,83 - 0,91	0,95	0,09	0,79	1,19	0,91 - 0,98
APROZENT	53,26	6,04	44,9	66,0	51,0 - 55,5	51,13	6,33	39,6	65,6	48,4 - 53,9

Tab.13: Darstellung der kephalometrischen Parameter mit zwischen den beiden Geschlechtern statistisch signifikanten Mittelwertunterschieden mit Angabe des zugehörigen p-Wertes und unterteilt mit * (p<0,05), ** (p<0,01), * (p<0,001) bezeichnet**

FRS-VARIABLE	STATISTISCHES VERFAHREN: T=T-Test, W=Wilcoxon	SIGNIFIKANZ NIVEAU	
BA-SPP	T	0,0089	**
BA-AD1	W	0,0068	**
BA-HO	T	0,0000	***
SPP-U	T	0,0000	***
HO-BASPP	T	0,0000	***
NAREA	T	0,0000	***
AAREA	T	0,0000	***
SGO/NME	T	0,0222	*
SPP-AD3/SPP-U	T	0,0061	**

Es zeigte sich, dass bei den männlichen Probanden die durchschnittliche Höhe und Weite des knöchernen Nasopharynx signifikant größer als bei den weiblichen Probanden war (Tab.13). Die größere Nasopharynxfläche ging mit einer ebenfalls vergrößerten Adenoidausdehnung einher, so dass hinsichtlich des prozentualen Anteils des Adenoidgewebes kein statistisch relevanter Unterschied festzustellen war. Da bei den männlichen Personen die durchschnittliche Länge des weichen Gaumens signifikant größer war, zeigte auch der Pharynxindex ein entsprechend günstigeres Verhältnis von Pharynxweite zu Velumlänge. Lediglich auf 5%-Signifikanzniveau hingegen lag schließlich die Differenz hinsichtlich des Gesichtshöhenverhältnisses SGo/NMe. Da die anderen beiden das Wachstumsmuster bestimmenden Parameter Summen- und SN-MeGo-Winkel aber keine statistisch relevanten Mittelwertdifferenzen aufwiesen, konnte hier nicht von einem Unterschied zwischen den weiblichen und männlichen Probanden ausgegangen werden.

3.2 Zusammenhänge zwischen Nasalanz und Endoskopie

Es wurden mögliche Zusammenhänge zwischen den aus der Nasometrie ermittelten Nasalanzen der einzelnen Vokale sowie der nichtnasalen Wörter und nichtnasalen Sätze und den aus der Beurteilung der Anatomie und Funktion des velopharyngealen Verschlussmechanismus mittels flexiblen Nasoendoskop folgenden Kriterien der Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses, der velopharyngealen Verschlussmuster sowie erfolgter bzw. nicht erfolgter Adenotomie analysiert.

Die statistische Aufbereitung erfolgte mittels T-Test bei annähernd normalverteilten Werten, ansonsten kam der Wilcoxon-Rangsummentest zur Anwendung. Es zeigte sich, dass hinsichtlich der Verschlusskompetenz lediglich bei der Nasalanz des langen /i/ und der Nasalanz der nichtnasalen Sätze Differenzen auf mit 5% niedrigerem Signifikanzniveau vorlagen. Dabei waren die Nasalanzwerte der Gruppe mit 100%-Verschlusskompetenz mit $28,9 \pm 14,7\%$ beim langen /i/ niedriger als bei der Gruppe mit 90%-Verschlusskompetenz mit $40,4 \pm 21,1\%$ und analog bei der Nasalanz der Sätze mit $13,4 \pm 4,7\%$ (100%-Verschlusskompetenz) zu $17,7 \pm 7,6\%$ (90%-Verschlusskompetenz).

Hinsichtlich der Aufteilung nach koronarem und zirkulärem velopharyngealen Verschlussmuster ergaben sich keine signifikanten Differenzen, beim Vergleich der Probanden mit und ohne erfolgter Adenotomie differierten die Nasalanzen des langen /i/ sowie der Wörter und Sätze jeweils auf 5%-Signifikanzniveau. Hier lagen die Nasalanzwerte der Probanden mit festgestellter Adenotomie niedriger als die derjenigen ohne Adenotomie mit $19,9 \pm 10,9\%$ zu $34,1 \pm 17,3\%$ beim langen /i/, $15,0 \pm 6,8\%$ zu $21,0 \pm 7,1\%$ bei der Nasalanz der Wörter und $10,0 \pm 3,3\%$ zu $15,3 \pm 5,9\%$ bei der Nasalanz der Sätze.

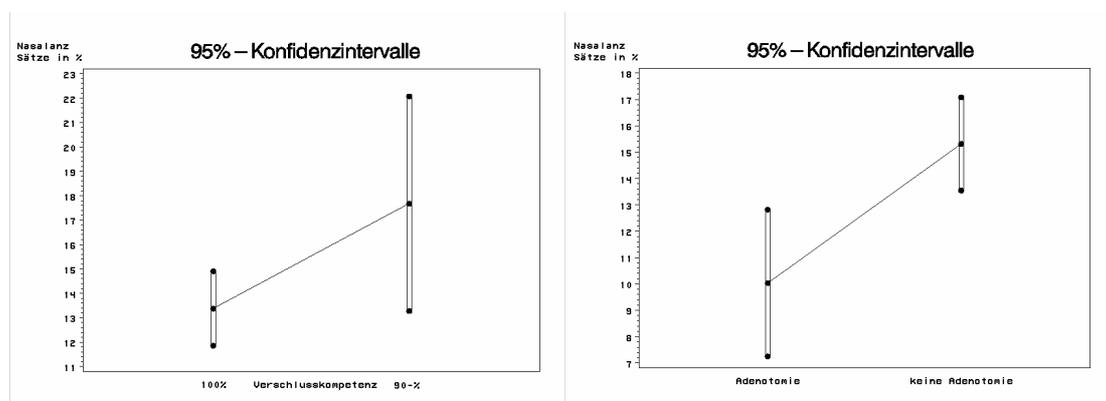


Abb.11: 95%-Konfidenzintervalle der Nasalanz der Sätze bei Unterscheidung nach Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses und erfolgter bzw. nicht erfolgter Adenotomie

Zur Verdeutlichung wurden außerdem jeweils die 95%-Konfidenzintervalle berechnet. Auch hier zeigte sich übereinstimmend zum obigen statistischen Verfahren, dass bei der Unterscheidung hinsichtlich Adenotomie bei den Nasalanzen des langen /i/ sowie der Wörter und Sätze die jeweiligen Mittelwerte der einen Gruppe nicht im Konfidenzintervall der anderen Gruppe lagen. Jedoch war dies bei der Differenzierung hinsichtlich Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses bei den Nasalanzen des langen /i/ sowie der Sätze teilweise nicht der Fall. Hier lagen jeweils die Mittelwerte der Gruppe mit 100%-Verschlusskompetenz knapp im 95%-Konfidenzintervall der zweiten Gruppe, was wiederum auf Differenzen mit niedrigerem Signifikanzlevel hindeutet (Abb.11). Die entsprechende Zusammenstellung der Ergebnisse ist Tab.14 zu entnehmen.

Tab.14: Nasometriedaten der Probanden unterteilt nach: 1) Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses, 2) velopharyngealem Verschlussmuster und 3) erfolgter Adenotomie mit Angabe des Signifikanzniveaus ($p < 0,05$ grau unterlegt) beim Zweigruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede (Nasalanzwerte in %)

1)	Verschlusskompetenz 100% (N=39)					Verschlusskompetenz 90- % (N=14)					Signifikanzniveau
	Mittel	σ	Min.	Max.	95%-Konfidenzintervall	Mittel	σ	Min.	Max.	95%-Konfidenzintervall	
/a/ kurz	28,91	8,90	13,3	48,9	26,0 - 31,8	27,49	11,43	10,4	50,9	20,9 - 34,1	0,6356
/e/ kurz	22,40	10,11	6,2	49,2	19,1 - 25,7	28,06	20,23	2,5	78,5	16,4 - 39,7	0,4991
/i/ kurz	35,30	14,70	13,5	68,3	30,5 - 40,1	41,16	22,66	13,1	83,9	28,1 - 54,3	0,5317
/o/ kurz	11,13	5,64	2,4	24,5	9,3 - 13,0	13,55	13,26	2,1	53,7	5,9 - 21,2	0,8877
/u/ kurz	14,36	8,39	3,1	32,6	11,6 - 17,1	18,72	14,78	5,2	60,4	10,2 - 27,3	0,3802
/a/ lang	23,04	9,87	3,2	41,4	19,8 - 26,2	22,81	10,01	5,6	46,8	17,0 - 28,6	0,9424
/e/ lang	16,28	10,76	3,0	50,8	12,8 - 19,8	25,81	21,32	1,9	71,8	13,5 - 38,1	0,2339
/i/ lang	28,92	14,70	5,2	61,8	24,2 - 33,7	40,37	21,06	6,0	76,5	28,2 - 52,5	0,0308
/o/ lang	7,24	5,75	1,3	34,0	5,4 - 9,1	10,36	11,79	2,4	46,5	3,6 - 17,2	0,4553
/u/ lang	11,48	9,59	2,5	42,8	8,4 - 14,6	15,46	13,82	4,8	53,0	7,5 - 23,4	0,2260
Wörter gesamt	19,47	6,57	7,1	34,0	17,3 - 21,6	21,69	9,17	4,9	46,3	16,4 - 27,0	0,3341
Sätze gesamt	13,38	4,71	5,9	21,5	11,9 - 14,9	17,68	7,61	4,4	34,5	13,3 - 22,1	0,0172

2)	koronares Verschlussmuster (N=40)					zirkuläres Verschlussmuster (N=13)					Signifikanzniveau
	Mittel	σ	Min.	Max.	95%-Konfidenzintervall	Mittel	σ	Min.	Max.	95%-Konfidenzintervall	
/a/ kurz	28,75	10,01	10,4	50,9	25,6 - 32,0	27,87	8,23	13,3	39,3	22,9 - 32,8	0,7748
/e/ kurz	23,98	14,39	2,5	78,5	19,4 - 28,6	23,62	11,04	8,6	51,0	16,9 - 30,3	0,9918
/i/ kurz	36,57	17,62	13,1	83,9	30,9 - 42,2	37,69	16,13	18,7	65,6	27,9 - 47,4	0,8201
/o/ kurz	12,09	8,75	2,1	53,7	9,3 - 14,9	10,82	6,82	2,1	27,2	6,7 - 14,9	0,7252
/u/ kurz	15,51	11,10	3,1	60,4	12,0 - 19,1	15,52	8,69	5,1	36,2	10,3 - 20,8	0,6567
/a/ lang	23,79	10,12	3,2	46,8	20,6 - 27,0	20,50	8,69	5,8	34,0	15,3 - 25,8	0,2987
/e/ lang	18,11	14,61	1,9	71,8	13,4 - 22,8	20,92	15,39	7,4	55,3	11,6 - 30,2	0,4201
/i/ lang	31,50	17,20	5,2	76,5	26,0 - 37,0	33,31	17,71	9,5	69,1	22,6 - 44,0	0,7451
/o/ lang	8,32	8,31	2,1	46,5	5,7 - 11,0	7,27	6,16	1,3	25,3	3,6 - 11,0	0,7486
/u/ lang	12,01	10,86	2,9	53,0	8,5 - 15,5	14,14	11,15	2,5	38,3	7,4 - 20,9	0,3363
Wörter gesamt	19,24	7,65	4,9	46,3	16,8 - 21,7	22,57	5,73	12,8	34,0	19,1 - 26,0	0,1560
Sätze gesamt	13,91	5,94	4,4	34,5	12,0 - 15,8	16,39	5,42	7,7	27,6	13,1 - 19,7	0,1889

Tab.14: Nasometriedaten der Probanden unterteilt nach: 1) Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses, 2) velopharyngealem Verschlussmuster und 3) erfolgter Adenotomie mit Angabe des Signifikanzniveaus ($p < 0,05$ grau unterlegt) beim Zweigruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede (Nasalanzwerte in %)

3)	Adenotomie (N=8)					keine Adenotomie (N=45)					Signifikanzniveau
	Mittel	σ	Min.	Max.	95%-Konfidenzintervall	Mittel	σ	Min.	Max.	95%-Konfidenzintervall	
/a/ kurz	27,00	8,63	17,6	42,2	19,8 - 34,2	28,81	9,75	10,4	50,9	25,9 - 31,7	0,6257
/e/ kurz	24,18	14,21	9,1	49,2	12,3 - 36,1	23,84	13,59	2,5	78,5	19,8 - 27,9	1,0000
/i/ kurz	28,25	12,59	14,6	48,7	17,7 - 38,8	38,37	17,47	13,1	83,9	33,1 - 43,6	0,1265
/o/ kurz	9,35	4,99	3,0	17,1	5,2 - 13,5	12,20	8,70	2,1	53,7	9,6 - 14,8	0,2853
/u/ kurz	10,30	6,36	5,0	24,6	5,0 - 15,6	16,44	10,84	3,1	60,4	13,2 - 19,7	0,0526
/a/ lang	20,26	11,16	6,6	31,9	10,9 - 29,6	23,46	9,61	3,2	46,8	20,6 - 26,4	0,4005
/e/ lang	11,95	9,05	4,3	30,1	4,4 - 19,5	20,02	15,25	1,9	71,8	15,4 - 24,6	0,0935
/i/ lang	19,85	10,92	5,2	36,4	10,7 - 29,0	34,09	17,27	6,0	76,5	28,9 - 39,3	0,0292
/o/ lang	6,85	4,02	2,3	13,3	3,5 - 10,2	8,28	8,31	1,3	46,5	5,8 - 10,8	0,7941
/u/ lang	8,96	7,73	3,7	27,1	2,5 - 15,4	13,16	11,28	2,5	53,0	9,8 - 16,6	0,1678
Wörter gesamt	14,96	6,84	7,1	27,4	9,3 - 20,7	20,96	7,09	4,9	46,3	18,8 - 23,1	0,0312
Sätze gesamt	10,04	3,33	5,9	14,2	7,3 - 12,8	15,31	5,88	4,4	34,5	13,6 - 17,1	0,0175

3.3 Korrelationen zwischen Nasalanz und kephalometrischen Werten

3.3.1 Einfache Korrelationen

Zunächst wurden die einfachen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Größen aus der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder (FRS) und den Nasalanzen der einzelnen Vokale sowie der Wörter und Sätze ermittelt. Um die Stärke der möglichen Korrelation zu bestimmen, wurde jeweils der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet, bzw. wenn die Normalverteilung der Variablen nicht gewährleistet war, der Spearmanische Rangkorrelationskoeffizient.

Bei Durchführung der entsprechenden statistischen Prozedur erhält man als Ergebnis den Koeffizienten selbst, sowie den zugehörigen p-Wert für den Test des Korrelationskoeffizienten auf Null. Ein kleiner p-Wert besagt, dass es unwahrscheinlich ist, einen so

großen oder größeren Koeffizienten allein durch Zufall zu erhalten. Für die Relevanz der Aussage über die Stärke des Zusammenhanges der beiden jeweiligen Variablen ist aber die Größe des Koeffizienten von Bedeutung [35].

Tab.15: Darstellung des Pearson-Korrelationskoeffizienten (für bivariat normalverteilte Messwertpaare) bzw. Spearman-Korrelationskoeffizienten (für nicht bivariat normalverteilte Messwertpaare) der statistisch signifikanten Messwertpaare von Nasalanzwert und kephalometrischer Variable mit Angabe des zugehörigen p-Wertes als Zahlenwert und unterteilt mit * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,001$) bezeichnet**

NASALANZ	FRS-VARIABLE	KOEFFIZIENT (P=Pearson, S=Spearman)		SIGNIFIKANZ NIVEAU	
/i/ kurz	SPP-AD2	S	0,354	0,0092	**
/i/ kurz	AAREA	S	-0,363	0,0076	**
/i/ kurz	APROZENT	S	-0,313	0,0226	*
/u/ kurz	SPP-U	S	-0,285	0,0385	*
/u/ kurz	HO-BASPP	S	-0,312	0,0230	*
/u/ kurz	NAREA	S	-0,280	0,0425	*
/u/ kurz	AAREA	S	-0,348	0,0106	*
/a/ lang	SN-MEGO	P	0,285	0,0384	*
/e/ lang	SPP-U	S	-0,359	0,0083	**
/e/ lang	AAREA	S	-0,309	0,0243	*
/e/ lang	SPP-AD3/SPP-U	S	0,294	0,0327	*
/i/ lang	SPP-U	P	-0,303	0,0275	*
/i/ lang	AAREA	P	-0,276	0,0453	*
/o/ lang	BA-SPP	S	-0,276	0,0453	*
/o/ lang	BA-AD1	S	-0,328	0,0164	*
/o/ lang	BA-HO	S	-0,282	0,0411	*
/o/ lang	SPP-AD2	S	0,300	0,0291	*
/o/ lang	AAREA	S	-0,365	0,0072	**
/o/ lang	APROZENT	S	-0,358	0,0085	**
/u/ lang	BA-HO	S	-0,379	0,0051	**
/u/ lang	SPP-U	S	-0,347	0,0108	*
/u/ lang	HO-BASPP	S	-0,421	0,0017	**
/u/ lang	BAHOSPP	S	0,373	0,0060	**
/u/ lang	NAREA	S	-0,395	0,0034	**
/u/ lang	AAREA	S	-0,498	0,0001	***
/u/ lang	SPP-AD3/SPP-U	S	0,327	0,0169	*
/u/ lang	APROZENT	S	-0,313	0,0226	*

Die Korrelationskoeffizienten können Werte zwischen -1 und +1 einnehmen. Positive Werte bedeuten gleichsinnigen Zusammenhang, d.h. die Werte einer Variablen steigen mit steigenden Werten der anderen Variablen, negative Werte gegensinnigen Zusammenhang, d.h. die Werte einer Variablen fallen mit steigenden Werten der anderen Variablen. Werte des Koeffizienten um Null weisen auf Streuung der Daten ohne erkennbaren Zusammenhang hin, große positive oder negative Werte entsprechen Streuungsdiagrammen mit eindeutigem Auf- bzw. Abwärtstrend. In Tabelle 15 sind die Korrelationskoeffizienten mit den zugehörigen p-Werten zusammengefasst, wobei auf die Darstellung der Koeffizienten mit p-Werten $> 0,05$ verzichtet wurde.

Es zeigte sich, dass die Nasalanzen der Wörter und Sätze keine signifikanten Korrelationen zu den kephalometrischen Parametern aufwiesen und auch die Zusammenhänge zwischen den Nasalanzen der Vokale und den kephalometrischen Werten, wie aus der Größe der Korrelationskoeffizienten zu ersehen, gering waren.

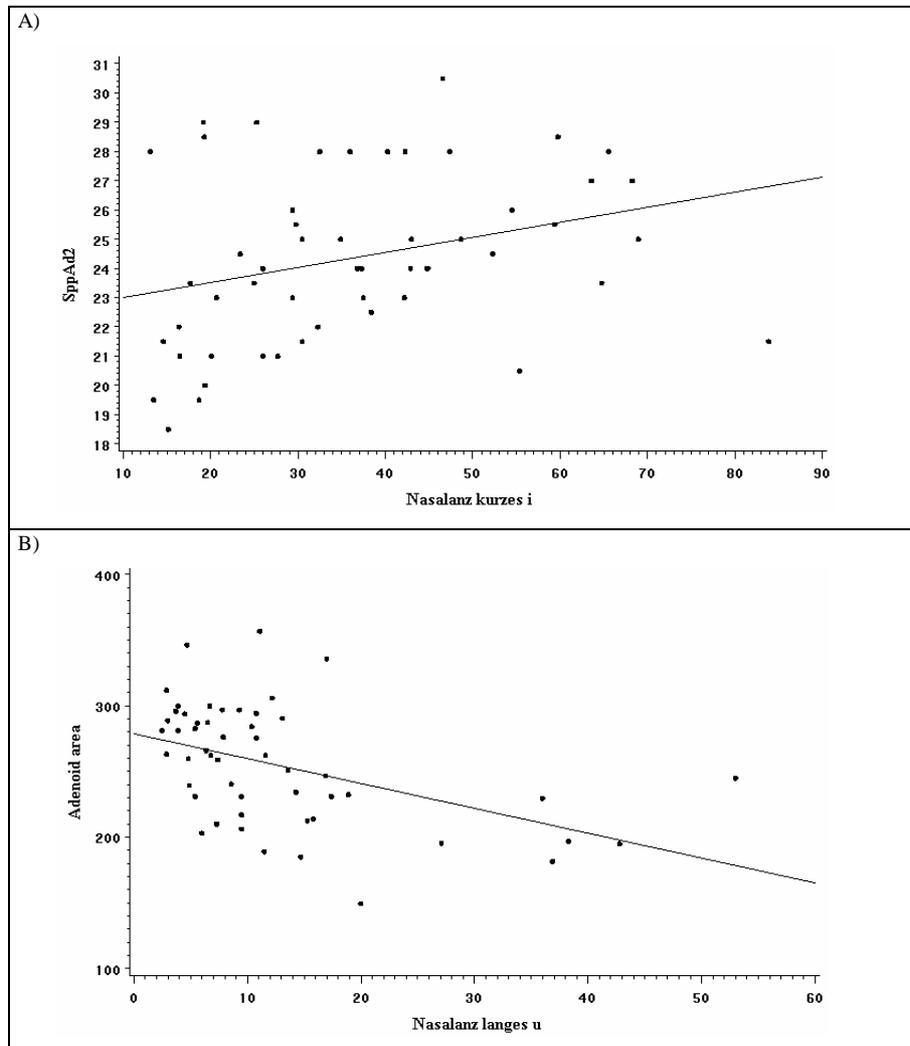


Abb.12: Lineare Korrelationen mit statistischer Signifikanz zwischen Nasalanzwerten und kephalometrischen Parametern anhand von Streudiagrammen mit eingezeichneten Regressionsgeraden: A) Nasalanz des kurzgesprochenen /i/ (in %) aufgetragen gegen die Strecke SppAd2 (in mm), B) Nasalanz des langgesprochenen /u/ (in %) aufgetragen gegen das Flächenmaß Adenoid area (in mm²)

Zur Verdeutlichung sind für zwei der Koeffizienten mit signifikantem p-Wert (ein Koeffizient mit gleichsinnigem und einer mit gegensinnigem Zusammenhang) Streudiagramme mit eingefügter Regressionsgerade für linearen Zusammenhang angeführt. Man erkennt deutlich die breite Streuung der Werte um die Regressionsgerade (Abb.12).

Eine zusätzliche, nach Geschlechtern getrennt vorgenommene Untersuchung der einfachen Korrelationen zwischen Nasalanz- und kephalometrischen Parametern brachte keine weiteren Erkenntnisse.

3.3.2 Komplexe Beziehungen zwischen kephalometrischen Parametern und Nasalanzwerten

Da bei der Untersuchung der einfachen Korrelationen zwischen Nasalanzwerten und kephalometrischen Parametern wenig ausgeprägte Zusammenhänge festzustellen waren, wurde zusätzlich eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt.

Bei diesem multivariaten Ansatz wird der mögliche Einfluss mehrerer unabhängiger Variablen auf eine abhängige Variable untersucht. Aufgrund der komplexen Berechnung wurde die Analyse nur für die Nasalanz des langen /u/ als derjenigen mit den meisten Einzelkorrelationen zu den kephalometrischen Werten, sowie für die Nasalanz der Sätze, die in der Versuchsanordnung die gesamte Ausprägung der Nasalität am besten darstellt, durchgeführt. Als Ergebnis der Regressionsanalyse erhält man eine Regressionsgleichung der Form:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \dots + \beta_i \cdot x_i$$

Dabei ist y die abhängige Variable (Zielgröße, hier Nasalanz des langen /u/ bzw. der Sätze), β_0 das konstante Glied (Intercept), $\beta_1 \dots \beta_i$ die Koeffizienten der Regressionsgleichung und schließlich $x_1 \dots x_i$ die unabhängigen Variablen (Einflussgrößen, hier kephalometrische Parameter). Das Ziel ist, die Parameter $\beta_0 \dots \beta_i$ der Regressionsgleichung möglichst optimal, d.h. erwartungstreu zu schätzen, da anhand dieser Gleichung die Berechnung der Prognosewerte für die abhängige Variable erfolgt [76].

Wenn der Untersuchung mehr als zwei unabhängige Variablen zugrunde liegen, ist es wünschenswert, aus der Gesamtmenge der in Frage kommenden Variablen diejenigen zu ermitteln, die für die Erklärung der Zielgröße besonders geeignet sind. Dazu kann man sich einer schrittweisen Regression bedienen, die auf dem Verfahren basiert, in einer spezifizierten Weise eine Reihe von unabhängigen Variablen (Regressoren) nacheinander in die Regressionsanalyse einzuführen bzw. aus der Regressionsanalyse zu eliminieren, bis ein bestimmtes Kriterium erfüllt ist. Solche Kriterien sind etwa die statistische Signifikanz der Variablen und ein Zuwachs von R^2 .

Dabei ist R^2 gleich dem multiplen Korrelationskoeffizienten zwischen der Zielgröße und den Einflussgrößen und gibt an, welcher Anteil der Varianz der abhängigen Variablen auf die Varianzen der unabhängigen Variablen zurückgeführt werden kann. Sein Wert liegt zwischen 0 und 1, und er ist insofern ein Maß für die Güte des aufgestellten Modells, als bei Werten nahe 0 nur ein sehr geringer Anteil, bei Werten nahe 1 ein hoher Anteil der Varianz der Zielgröße durch das aufgestellte Modell erklärt wird.

Die schrittweise Regression wurde mittels der SAS-Prozedur „REG“ durchgeführt. Bei dem dabei angewendeten „FORWARD“-Verfahren wird im ersten Schritt der Regressor mit der höchsten Korrelation mit der abhängigen Variable ausgewählt, im nächsten derjenige mit der zweithöchsten Korrelation, danach derjenige mit der dritthöchsten etc., bis es keine weiteren signifikanten unabhängigen Variablen gibt, die eingefügt werden können, wobei das Signifikanzniveau für die Aufnahme der Variablen in das Regressionsmodell bei diesem Verfahren standardmäßig 0,50 beträgt. Nach jedem Schritt wird das neue Modell durchgerechnet und der multiple Korrelationskoeffizient R^2 sowie Mallows Selektionskriterium C_p ausgegeben. Dabei gibt C_p im Wesentlichen den Anteil der Quadratsummen des Fehlerterms (SSE) des gewählten Modells mit p Variablen (inkl. Intercept) im Vergleich zum MSE (Mean Square Error = mittlere Fehlervarianz) des vollen Modells mit allen Variablen an, und ist ein Indikator für den Einfluss der Modellreduzierung auf die Erwartungstreue der Schätzwerte. Bei einer guten Modellwahl sollte C_p nahe p liegen [35].

Im vorliegenden Fall wurde die Anzahl der jeweils in das Regressionsmodell aufgenommenen unabhängigen Variablen auf 5 reduziert, um nicht ein sogenanntes „überbestimmtes“ Modell aufzustellen. Dies liegt vor, wenn durch Aufnahme zahlreicher

weiterer unabhängiger Variablen zwar R^2 weiter erhöht wird und die Vorhersagegenauigkeit der abhängigen Variablen der aktuellen Untersuchung steigt, gleichzeitig aber eine Verwendung des ermittelten Modells für Werte anderer Untersuchungen nicht mehr möglich wird, also eine Optimierung zuungunsten der Übertragbarkeit stattfindet.

Als Ergebnis dieser Berechnungen wurde für die Nasalanz des langen /u/ die folgende (gerundete) Regressionsgleichung aufgestellt :

$$\text{Nasalanz /u/ lang} = -243,99 + 0,82 \times \text{Spp-Ad1} + 0,41 \times \text{Summe} + 0,99 \times \text{Inklin} + 0,18 \times \text{BaHoSpp} - 0,11 \times \text{Aarea}$$

Der multiple Korrelationskoeffizient R^2 beträgt dabei 0,36 bei einem Wert für Mallows Selektionskriterium von $C_p = 31,5$. Somit können lediglich 36% der Varianz der Zielgröße Nasalanz des langen /u/ auf die Varianzen der abhängigen Variablen zurückgeführt werden, während die restlichen 64% nicht durch das vorliegende Regressionsmodell erklärt werden können. Die Abweichung von C_p von der Anzahl p der ins Modell aufgenommenen Variablen deutet zudem auf eine reduzierte Erwartungstreue der Schätzwerte. Der vorhergesagte Nasalanzwert der Nasalanz des langen /u/ weicht für alle Probanden der Studie im Mittel um $6,3 \pm 8,6\%$ vom gemessenen Wert ab (Absolutwerte ohne Berücksichtigung des Vorzeichens). Die Differenzen zwischen Vorhersagewert anhand der obigen Regressionsgleichung und Messwerten der Untersuchung sind in Abb.13 für die einzelnen Probanden graphisch dargestellt.

Analog erhält man als Ergebnis der obigen Berechnungen für die Nasalanz der Sätze die folgende (gerundete) Regressionsgleichung :

$$\text{Nasalanz Sätze} = 39,04 + 0,44 \times \text{Ba-Ad1} - 0,40 \times \text{Spp-Ad2} - 0,17 \times \text{HoBaSpp} + 0,2 \times \text{SN-MeGo} - 0,51 \times \text{AProzent}$$

Der multiple Korrelationskoeffizient R^2 beträgt hier 0,16 bei einem Wert für Mallows Selektionskriterium von $C_p = 21,7$. Dies bedeutet, dass nur 16% der Varianz der Zielgröße Nasalanz der Sätze auf die Varianzen der abhängigen Variablen zurückgeführt werden können, während die restlichen 84% nicht durch das vorliegende Regressionsmodell erklärt werden können.

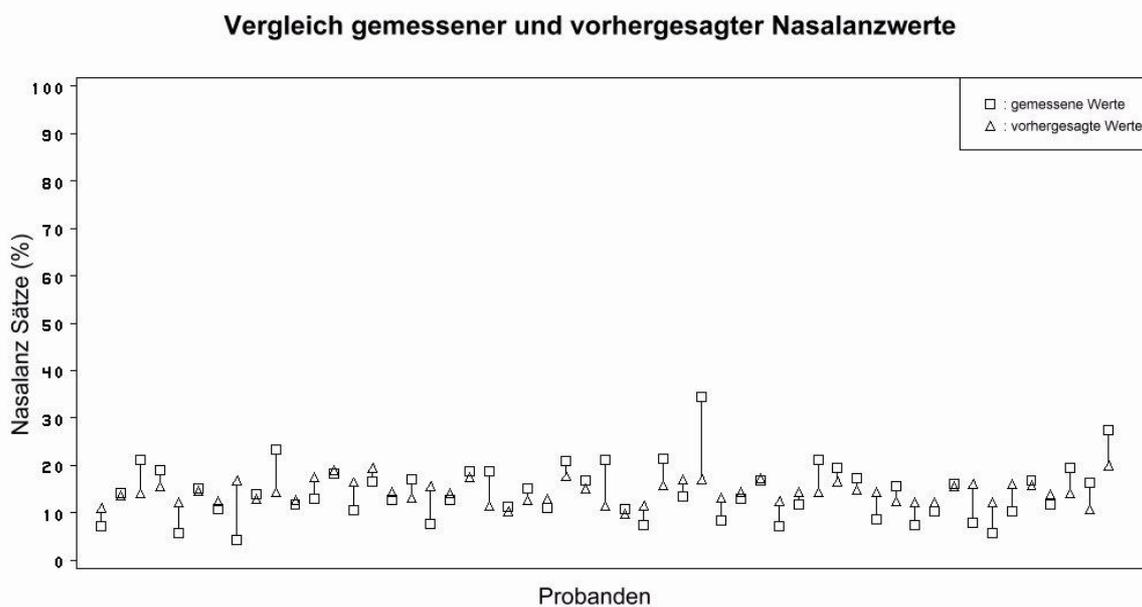
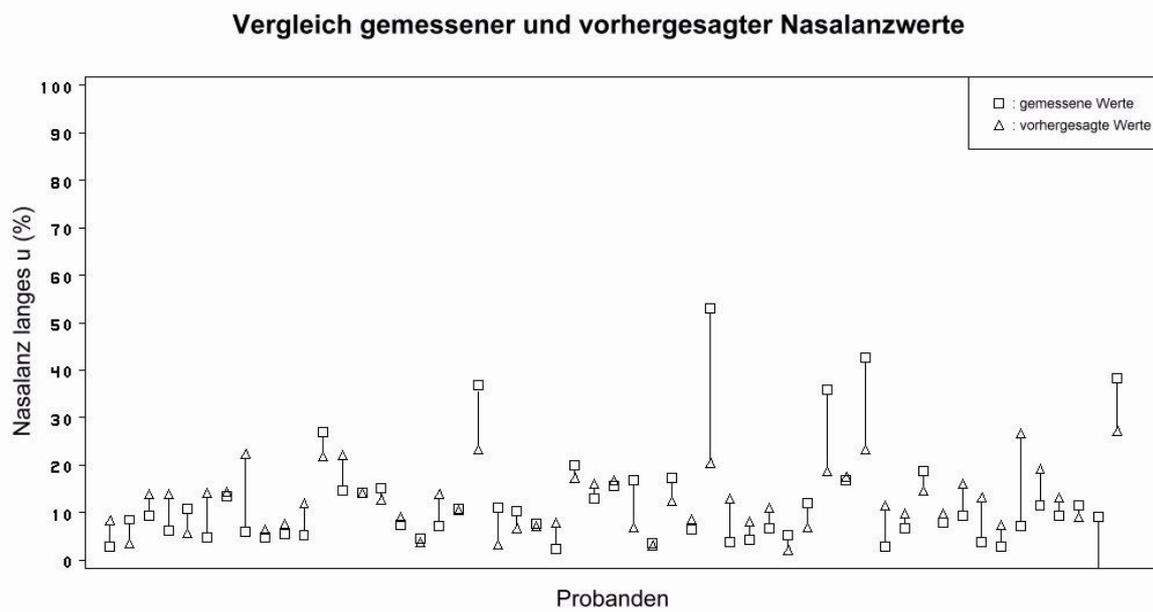


Abb.13: Graphische Darstellung der Differenzen zwischen Mess- und Vorhersagewerten für die Nasalanz des langes /u/ bzw. Nasalanz der Sätze (Ordinate fortlaufend nummerierte Probanden, N=53)

Wiederum deutet die deutliche Abweichung von C_p von der Anzahl p der ins Modell aufgenommenen Variablen auf eine reduzierte Erwartungstreue der Schätzwerte. Der vorhergesagte Nasalanzwert der Nasalanze der Sätze weicht für alle Probanden der Studie im Mittel um $4,2 \pm 5,3\%$ vom gemessenen Wert ab (Absolutwerte ohne Berücksichtigung des Vorzeichens). Die Differenzen zwischen Vorhersagewert anhand der obigen Regressionsgleichung und Messwerten der Untersuchung sind wiederum in Abb.13 für die einzelnen Probanden graphisch dargestellt.

Bei den obigen Regressionsgleichungen ist ferner zu beachten, dass die Normalverteilung der Residuen als Voraussetzung für die Gültigkeit der Analyse zwar bei der Nasalanze der Sätze, jedoch nicht bei der Nasalanze des langen /u/ als gesichert anzunehmen ist.

Ein weiterer zu berücksichtigender Punkt bei der Regressionsanalyse ist die Multikollinearität, bezogen auf den Zusammenhang der unabhängigen Variablen des Regressionsmodells untereinander. Multikollinearität liegt vor, wenn zwei oder mehr der unabhängigen Variablen stark korreliert sind. Ist eine nicht lineare Korrelation vorhanden (Korrelation $\neq 1$), kann ein Regressionsmodell zwar gerechnet werden, aber die Standardfehler der Schätzer für die Regressionskoeffizienten sind hoch und die Schätzer können verzerrt werden. Bei einer linearen Korrelation (Korrelation = 1) kann hingegen kein Regressionsmodell berechnet werden.

Eine Analyse anhand der drei durch das SAS-Programm zur Verfügung gestellten Kennwerte für die Kollinearität - Toleranz, Varianzanteile und Konditionsindex [35] - ergab, dass bei beiden Regressionsgleichungen Multikollinearität vermutet werden kann, was die Verwertbarkeit der Gleichungen über die vorliegende Datenmenge hinaus zusätzlich einschränkt.

3.4 Zusammenhänge zwischen Endoskopie und kephalometrischen Werten

Die Analyse erfasste mögliche Zusammenhänge zwischen den aus der Beurteilung der Anatomie und Funktion des velopharyngealen Verschlussmechanismus mittels flexiblem Nasoendoskop folgenden Kriterien Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses, velopharyngeales Verschlussmuster sowie erfolgte, bzw. nicht erfolgte Adenotomie, und den aus den Fernröntgenseitenbildern ermittelten Mittelwerte der Strecken, Winkel,

Flächen und Indizes. Dies erfolgte wiederum mittels T-Test bei annähernd normalverteilten Werten, ansonsten kam der Wilcoxon-Rangsummentest zur Anwendung.

Hierbei zeigten sich zwischen den beiden Gruppen mit vollständigem bzw. geringgradig unvollständigem velopharygealen Verschluss bei den Streckenmaßen Spp-Ad2, Spp-U und Ho-BaSpp, sowie dem SNA-Winkel Differenzen auf 5%-Signifikanzniveau. Die jeweiligen Mittelwerte dieser Messgrößen lagen bei den Probanden mit 100%-Verschlusskompetenz über denen der Personen mit 90%-Verschlusskompetenz (Tab.16).

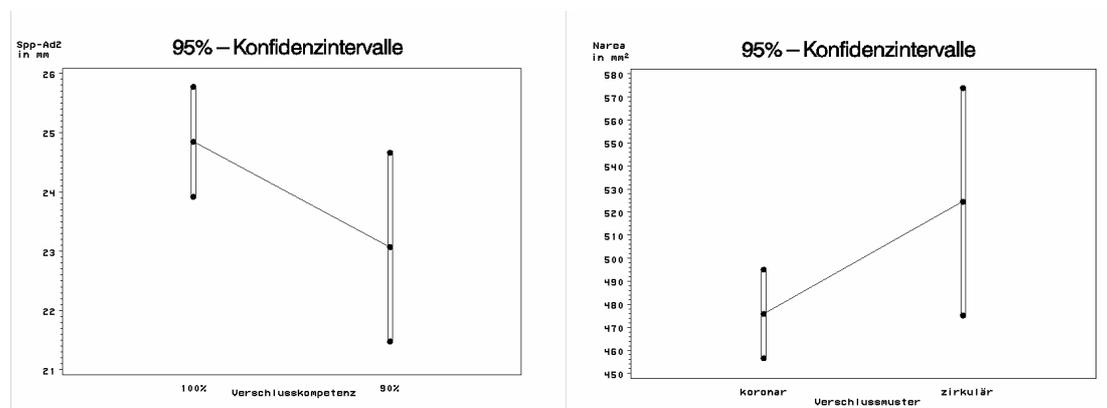


Abb.14: 95%-Konfidenzintervalle der kephalometrischen Größen Spp-Ad2 bei Unterscheidung nach Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses und Narea bei Unterscheidung nach Verschlussmuster

Bei der Betrachtung der beiden vorliegenden Verschlussmuster waren lediglich bei dem Streckenmaß Spp-Ad3 und dem Flächenmaß Narea statistisch relevante Unterschiede auf 5%-Signifikanzniveau festzustellen. Dabei lagen die jeweiligen Mittelwerte beim koronaren Verschlussmuster unter denen beim zirkulären Verschlussmuster. Hinsichtlich der Unterscheidung nach erfolgter Adenotomie waren keine signifikanten Differenzen zu beobachten.

Auch hier wurden zur Verdeutlichung jeweils die 95%-Konfidenzintervalle berechnet, wobei wiederum bei den als statistisch signifikant differierenden kephalometrischen Größen die jeweiligen Mittelwerte der einen Gruppe (Ausnahme: Narea bei koronar) entsprechend nicht im Konfidenzintervall der anderen Gruppe lagen (Abb.14).

Tab.16: Kephalometrische Größen der Probanden beim Zweigruppenvergleich auf Mittelwertunterschiede unterteilt nach: 1) Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses, 2) velopharyngealem Verschlussmuster und 3) erfolgter Adenotomie mit Angabe des Signifikanzniveaus ($p < 0,05$ grau unterlegt); Strecken in mm, Winkel in $^{\circ}$, Flächen in mm^2 , Quotienten: SGo/NMe und AProzent in %, SppAd3/SppU dimensionslos

1)	Verschlusskompetenz 100% (N=39)					Verschlusskompetenz 90- % (N=14)					Signifi- kantz- niveau
	Mittel	σ	Min.	Max.	95%- Konfidenz- intervall	Mittel	σ	Min.	Max.	95%- Konfidenz- intervall	
STRECKEN											
BA-SPP	49,67	3,52	42,0	56,0	48,5 - 50,8	49,21	4,21	43,5	59,0	46,8 - 51,7	0,6972
BA-AD1	21,54	3,36	15,5	34,5	20,5 - 22,6	21,29	3,28	17,5	27,5	19,4 - 23,2	0,6265
BA-HO	34,56	4,13	26,0	45,0	33,2 - 35,9	33,93	3,26	27,0	39,0	32,1 - 35,8	0,6054
SPP-AD1	28,09	2,96	21,5	33,0	27,1 - 29,1	28,29	2,59	25,0	33,0	26,8 - 29,8	0,8271
SPP-AD2	24,85	2,86	18,5	30,5	23,9 - 25,8	23,07	2,76	19,5	28,0	21,5 - 24,7	0,0497
SPP-AD3	33,37	2,54	27,5	38,0	32,6 - 34,2	33,14	2,27	30,0	37,5	31,8 - 34,5	0,7678
SPP-U	38,15	4,32	29,5	49,5	36,7 - 39,6	35,39	3,97	28,0	43,0	33,1 - 37,7	0,0415
HO-BASPP	20,06	2,28	15,0	24,5	19,3 - 20,8	18,64	2,17	16,0	24,5	17,4 - 19,9	0,0479
WINKEL											
SUMME	389,29	6,34	377,0	402,5	387,2-391,4	391,82	4,16	384,0	399,0	389,4-394,2	0,1727
SN-MEGO	28,73	5,86	16,5	42,0	26,8 - 30,6	30,61	4,62	23,0	38,0	27,9 - 33,3	0,2844
INKLIN	84,82	3,01	77,0	90,0	83,8 - 85,8	85,0	2,75	80,0	89,0	83,4 - 86,6	0,8458
SNA	81,86	3,69	74,5	88,0	80,7 - 83,1	79,14	2,05	76,0	84,0	78,0 - 80,3	0,0121
BAHOSPP	100,53	8,48	74,5	123,0	97,8 - 103,3	104,93	8,72	83,0	123,0	99,9 - 110,0	0,1041
FLÄCHEN											
NAREA	498,77	71,07	378,0	640,4	475,7-521,8	457,31	51,60	386,8	539,0	427,5-487,1	0,0512
AAREA	259,26	46,02	149,5	357,0	244,4-274,2	243,69	42,54	189,0	335,8	219,1-268,3	0,2735
INDIZES											
SGO/NME	69,76	5,48	58,3	81,1	68,0-71,5	68,06	3,42	62,7	75,8	66,1-70,0	0,2852
SPP-AD3/ SPP-U	0,89	0,11	0,64	1,14	0,85 - 0,92	0,95	0,11	0,76	1,19	0,89 - 1,01	0,0646
APROZENT	52,02	6,25	39,6	66,0	50,0 - 54,0	53,22	6,18	42,2	65,0	49,7 - 56,8	0,5375

2)	koronares Verschlussmuster (N=40)					zirkuläres Verschlussmuster (N=13)					Signifi- kantz- niveau
	Mittel	σ	Min.	Max.	95%- Konfidenz- intervall	Mittel	σ	Min.	Max.	95%- Konfidenz- intervall	
STRECKEN											
BA-SPP	49,06	3,40	42,0	59,0	48,0 - 50,2	51,04	4,23	42,5	56,0	48,5 - 53,6	0,0928
BA-AD1	21,30	2,89	15,5	27,5	20,4 - 22,2	22,00	4,47	16,0	34,5	19,3 - 24,7	0,8031
BA-HO	33,84	3,74	26,0	41,5	32,6 - 35,0	36,12	4,02	29,0	45,0	33,7 - 38,6	0,0665
SPP-AD1	27,83	2,48	23,5	33,0	27,0 - 28,6	29,12	3,69	21,5	33,0	26,9 - 31,4	0,1565

SPP-AD2	24,19	2,86	18,5	30,5	23,3 - 25,1	24,96	3,13	19,5	29,0	23,1 - 26,9	0,4109
SPP-AD3	32,85	2,14	30,0	38,0	32,2 - 33,5	34,73	2,88	27,5	38,0	33,0 - 36,5	0,0149
SPP-U	37,43	4,81	28,0	49,5	35,9 - 39,0	37,42	2,77	31,0	41,5	35,8 - 39,1	0,9989
HO-BASPP	19,40	2,07	16,0	24,0	18,7 - 20,1	20,58	2,87	15,0	24,5	18,8 - 22,3	0,1123
WINKEL											
SUMME	389,46	5,85	377,0	402,5	387,6-391,3	391,5	6,08	383,5	401,5	387,8-395,2	0,2849
SN-MEGO	29,08	5,76	16,5	42,0	27,2 - 30,9	29,69	5,15	23,0	39,0	26,6 - 32,8	0,7324
INKLIN	85,0	2,95	79,0	90,0	84,1 - 85,9	84,46	2,91	77,0	89,0	82,7 - 86,2	0,5684
SNA	80,69	3,42	74,5	88,0	79,6 - 81,8	82,54	3,65	76,5	87,5	80,3 - 84,8	0,1011
BAHOSPP	101,85	8,46	74,5	123,0	99,1-104,6	101,19	9,67	83,0	123,0	95,4-107,0	0,8151
FLÄCHEN											
NAREA	475,87	60,12	378,0	618,0	456,7-495,1	524,59	81,67	382,5	640,4	475,2-573,9	0,0245
AAREA	250,72	42,01	149,5	346,5	237,3-264,2	268,78	53,61	181,5	357,0	236,4-301,2	0,2146
INDIZES											
SGO/NME	69,45	5,22	58,3	81,1	67,78-71,12	68,88	4,64	60,5	75,8	66,07-71,68	0,7245
SPP-AD3/ SPP-U	0,89	0,12	0,64	1,19	0,85 - 0,93	0,93	0,07	0,76	1,01	0,89 - 0,97	0,2896
APROZENT	52,72	6,30	39,6	66,0	50,7 - 54,7	51,15	5,95	40,7	65,0	47,6 - 54,8	0,4348

3)	Adenotomie (N=8)					keine Adenotomie (N=45)					Signifi- kantz- niveau
	Mittel	σ	Min.	Max.	95%- Konfidenz- intervall	Mittel	σ	Min.	Max.	95%- Konfidenz- intervall	
STRECKEN											
BA-SPP	48,44	2,37	45,0	53,0	46,5 - 50,4	49,74	3,85	42,0	59,0	48,6 - 50,9	0,3597
BA-AD1	20,56	1,35	19,0	23,5	19,4 - 21,7	21,63	3,53	15,5	34,5	20,6 - 22,7	0,4243
BA-HO	34,44	3,31	27,0	37,0	31,7 - 37,2	34,39	4,02	26,0	45,0	33,2 - 35,6	0,9744
SPP-AD1	27,81	2,36	25,0	32,0	25,8 - 29,8	28,20	2,94	21,5	33,0	27,3 - 29,1	0,7258
SPP-AD2	24,25	3,41	18,5	29,0	21,4 - 27,1	24,40	2,86	19,5	30,5	23,5 - 25,3	0,8949
SPP-AD3	32,88	2,23	30,0	36,5	31,0 - 34,7	33,39	2,51	27,5	38,0	32,6 - 34,1	0,5901
SPP-U	37,25	4,95	32,0	48,5	33,1 - 41,4	37,46	4,32	28,0	49,5	36,2 - 38,8	0,9039
HO-BASPP	20,19	2,27	17,0	22,5	18,3 - 22,1	19,60	2,34	15,0	24,5	18,9 - 20,3	0,5140
WINKEL											
SUMME	389,0	9,35	377,0	402,5	381,2-396,8	390,13	5,22	380,0	401,5	388,6-391,7	0,6222
SN-MEGO	28,5	9,24	16,5	42,0	20,8 - 36,2	29,36	4,8	20,0	41,5	27,9 - 30,8	0,8048
INKLIN	83,56	2,56	80,0	87,5	81,4 - 85,7	85,1	2,94	77,0	90,0	84,2 - 86,0	0,1721
SNA	79,25	3,32	76,0	86,0	76,5 - 82,0	81,48	3,5	74,5	88,0	80,4 - 82,5	0,1006
BAHOSPP	99,50	8,57	88,0	110,0	92,3-106,7	102,08	8,74	74,5	123,0	99,5-104,7	0,4444
FLÄCHEN											
NAREA	487,86	48,62	408,0	530,0	447,2-528,5	487,81	71,94	378,0	640,4	466,2-509,4	0,9985
AAREA	252,70	36,87	195,5	296,0	221,9-283,5	255,58	46,94	149,5	357,0	241,5-269,7	0,8700
INDIZES											
SGO/NME	70,05	8,78	58,3	81,1	62,71-77,39	69,18	4,21	59,0	79,1	67,92-70,44	0,7909
SPP-AD3/ SPP-U	0,90	0,14	0,64	1,14	0,78 - 1,02	0,90	0,10	0,65	1,19	0,87 - 0,93	0,9428
APROZENT	51,90	6,83	45,4	66,0	46,2 - 57,6	52,41	6,16	39,6	65,6	50,6 - 54,3	0,8322

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Mittelwertvergleich der Nasalanzwerte der verschiedenen Vokale untereinander ergaben sich signifikante Unterschiede. Dabei waren die Nasalanzmittelwerte beim kurzen und langen Vokal /i/ am höchsten und bei den kurz- und langgesprochenen Vokalen /o/ und /u/ am niedrigsten.

Die Betrachtung geschlechtsspezifischer Differenzen zeigte in der Nasometrie eine Tendenz zu höheren Nasalanzmittelwerten bei den weiblichen Probanden. In der endoskopischen Diagnostik waren außer einer statistisch weniger deutlich ausgeprägten Tendenz zum geringgradig unvollständigen velopharyngealem Verschluss bei den weiblichen Personen keine Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern feststellbar. Hinsichtlich der Mittelwerte der kephalometrischen Größen ergaben sich statistisch signifikant größere durchschnittliche Werte für Höhe und Weite, und damit auch Fläche des knöchernen Nasopharynx mit einer ebenfalls vergrößerten Adenoidausdehnung bei den männlichen Personen. Aufgrund der größeren durchschnittlichen Länge des weichen Gaumens zeigte auch der Pharynxindex ein entsprechend günstigeres Verhältnis von Pharynxweite zu Velumlänge als bei den Probanden weiblichen Geschlechts.

Bei der endoskopischen Betrachtung war das koronare Verschlussmuster vorherrschend vor dem zirkulären, sagittales Verschlussmuster wurde nicht beobachtet. Lediglich bei zwei Personen fand man einen deutlich ausgeprägten Passavantschen Wulst kaudal der eigentlichen Verschlussebene. Ein geringgradig unvollständiger velopharyngealer Verschluss zeigte sich in 26% der Fälle und war meist durch die Formgebung (mittig angehoben bzw. eingezogen) des adenoidalen Polsters bedingt.

Im Vergleich der Endoskopiedaten mit den Nasalanzmittelwerten fanden sich keine Unterschiede zwischen koronarem und zirkulärem Verschlussmuster. Hinsichtlich der Kompetenz des velopharyngealen Verschlusses zeigten sich beim langen Vokal /i/ und den Sätzen niedrigere Nasalanzmittelwerte bei 100%-Verschlusskompetenz in Relation zur 90%-Verschlusskompetenz. Bei Differenzierung nach erfolgter Adenotomie lagen die Nasalanzmittelwerte des langen Vokals /i/ sowie die der Wörter und Sätze bei Personen mit festgestellter Adenotomie niedriger als bei denjenigen ohne Adenotomie. Allerdings lag die statistische Signifikanz in beiden Fällen lediglich auf 5%-Signifikanzniveau.

Hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den Nasalanzwerten und den kephalometrischen Werten zeigten sich bei univariater Betrachtung keine signifikanten Korrelationen bei den Nasalanzen der Wörter und Sätze, und bei den kurz- und langgesprochenen Vokalen uneinheitliche Zusammenhänge auf vorwiegend niedrigem Signifikanzniveau. Bei multivariater Betrachtung war kein universell sinnvolles Regressionsmodell aufstellbar.

Bei der Betrachtung von Endoskopiedaten und kephalometrischen Größen zeigte es sich, dass bei 100%-Verschlusskompetenz die Mittelwerte der Streckenmaße Spp-Ad2, Spp-U, Ho-BaSpp und des SNA-Winkels (5%-Signifikanzniveau) höher waren als bei 90%-Verschlusskompetenz. Beim koronaren Verschlussmuster lagen die Mittelwerte des Streckenmaßes Spp-Ad3 und des Flächenmaßes Narea unter denen beim zirkulären Verschlussmuster (5%-Signifikanzniveau). Hinsichtlich erfolgter bzw. nicht erfolgter Adenotomie waren keine statistisch signifikanten Differenzen in der Kephalmetrie feststellbar.

4. DISKUSSION

In der vorliegenden Studie wurden Normalpersonen, also Probanden ohne bekannte angeborene Fehlbildungen im orofazialen Bereich (wie z.B. Lippen-Kiefer-Gaumen-Segel-Spalten), auf ihre Sprechqualität hin untersucht.

Von speziellem Interesse war dabei die Objektivierbarkeit der Sprachanalyse anhand eines klinisch einfach einzusetzenden Verfahrens sowie mögliche Zusammenhänge zwischen erhöhter Nasalität und Ausprägung von anatomischen Knochen- und Weichteilstrukturen im Bereich des für die Lautbildung relevanten velopharyngealen Verschlussmechanismus zwischen Oro- und Nasopharynx.

Zu diesem Zweck wurde in dieser Studie zur instrumentellen Bestimmung der Nasalität der Sprache die von Fletcher [29] entwickelte Nasometrie verwendet. Während die Probanden einen speziellen Testbogen, den Heidelberger Rhinophonie-Testbogen, vorgelesen haben, wurden mit dem Nasometer die entsprechenden individuellen Nasalanzwerte bestimmt.

Zur Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen Ausprägung der Nasalität der Sprache und der vorliegenden anatomischen Parameter wurde zum einen der Gesichtsschädelaufbau der Probanden und dabei insbesondere der nasopharyngeale Bereich konventionell mittels Analyse von Fernröntgenseitenbildern beurteilt. Zusätzlich erfolgte eine direkte Betrachtung der anatomischen Strukturen des Velopharynx während der Lautbildung mittels eines flexiblen Nasoendoskopes.

Der mögliche Einfluss des adenoiden Gewebes des Nasopharynx auf Nasalität und velopharyngealen Verschluss wurde dabei gesondert berücksichtigt.

Anhand statistischer Verfahren sollten mögliche vorliegende Korrelationen zwischen Sprechqualität und Kompetenz wie struktureller Ausprägung des velopharyngealen Verschlussmechanismus, sowie Aufbau des Gesichtsschädels aufgezeigt werden.

4.1 Betrachtung der unterschiedlichen Verfahren zur Objektivierung der Beurteilung von Nasalität und velopharyngealer Funktion

Neben der in der vorliegenden Studie angewendeten Verfahrens der Nasalanzmessung mittels Nasometer und Visualisierung des Velopharynx durch Nasopharyngoskopie mit einem flexiblen Endoskop werden in der Literatur zahlreiche andere Methoden zur Objektivierung der Beurteilung von Sprechqualität und velopharyngealem Verschlussmechanismus beschrieben.

Eine dieser Techniken ist die von Dalston [8] beschriebene Photodetektor-Untersuchung. Dabei werden zwei miteinander verbundene kunststoffummantelte Glasfaserleiter mit je 0,75 mm Außendurchmesser durch die Nase in den Pharynx eingeführt. Der als Lichtquelle fungierende und 30 mm längere Leiter wird unterhalb der velopharyngealer Verschlussebene positioniert, der Lichtempfänger bleibt oberhalb auf dem weichen Gaumen liegen. Somit kann durch eine bestehende Restöffnung durchfallendes Licht gemessen werden, was Rückschlüsse auf ihre Größe und damit Ausmaß der Unvollständigkeit des Gaumensegelabschlusses erlaubt. Die tatsächliche Sprechqualität der untersuchten Person kann dabei nicht beurteilt werden, kombinierte Untersuchungen mit gleichzeitiger Luftstrom- und Druckabfallmessung [8] oder Nasoendoskopie [52] werden beschrieben.

Eine weitere Methode ist die aerodynamische Pressure-Flow-Technik, die erstmals von Warren und Dubois [95] beschrieben und deren Eignung für die Diagnostik von unvollständigem velopharyngealem Verschluss festgestellt wurde [10, 56, 63, 66]. Sie basiert auf der physikalischen Grundlage, dass die Größe einer Öffnung bei simultaner Messung des hindurchgehenden Luftstroms und des an dieser Stelle auftretenden Druckabfalls berechnet werden kann. Zu diesem Zweck wird zur Luftstrommessung in den einen Naseneingang eine dicht abschließende, an einen Pneumotachographen angeschlossene Sonde eingebracht. Die Druckmessung erfolgt durch einen in den zweiten Naseneingang eingebrachten, ebenfalls dicht abschließenden Messkatheter und einen weiteren Messkatheter in der Mundhöhle. Anhand der Luftstrom- und Druckmessdaten wird im PC die Größe der velopharyngealen Restöffnung berechnet. Restöffnungen bis 10 mm^2 werden als physiologischer, über 20 mm^2 als inadäquater und dazwischenliegende als grenzwertiger velopharyngealer

Verschluss angesehen. Da diese Technik sehr aufwendig und teuer ist, wurde von Warren [96] mit dem Perci-Messverfahren (Perci = Palatal efficiency rating computed instantaneously) eine Vereinfachung entwickelt und beschrieben. Dabei wird lediglich anhand der Messung des Druckunterschiedes, die wiederum über Nasen- und Mundkatheter erfolgt und im Perci-Gerät in ein elektrisches Signal umgewandelt und visualisiert wird, die Verschlussqualität abgeschätzt. Bei einer Druckdifferenz größer 3,0 cm H₂O wird ein vollständiger, bei kleiner 1,0 cm H₂O ein unvollständiger und bei dazwischenliegenden Werten ein grenzwertiger velopharygealer Verschluss angenommen. Informationen über die Sprechqualität werden wie auch beim eigentlichen Pressure-Flow-Verfahren nicht geliefert.

Ebenfalls eine länger bekannte und angewendete Technik ist die Multiview-Videofluoroskopie [85]. Dabei beschichtet man zunächst zur besseren Darstellung der Gewebsgrenzen die Oberflächen des Gaumensegels sowie der posterioren und lateralen Pharynxwände mit Bariumpaste, die durch die Nasenöffnungen eingebracht wird. Anschließend werden, während der Patient standardisierte Sprechproben wiedergibt, mittels Röntgenstrahlen Fluoroskopiebilder in nacheinander lateraler (Patient sitzend) und frontaler (Patient liegend) Ebene erzeugt, die simultan zur Sprache auf Videoband aufgenommen werden. Dies ermöglicht eine funktionelle Beurteilung der Strukturen des velopharyngealen Verschlussmechanismus in zwei Ebenen. Nachteilig sind die Strahlenbelastung und der erforderliche hohe instrumentelle Aufwand, die Sprechqualität wird auch hier nicht beurteilt.

Eine Möglichkeit, die Zungenmotorik und die Interaktion zwischen Zungenrücken und Gaumen zu überprüfen, bietet die von Engelke et al. [22] beschriebene direkte Palatographie. Hierbei wird der Zungenrücken zunächst ganz oder partiell mit durch Farbstoffzusatz modifizierter handelsüblicher Bariumröntgenkontrastpaste eingefärbt. Neben möglicher Bestimmung von Zungenspitzenmotorik und der Schluckposition der Zunge kann auch die Artikulationsposition anhand der Prüflaute /t/, /s/, /sch/ und /k/, die im Vokal-Konsonant-Vokal-Sequenzen gesprochen werden (z.B. /asa/, /ata/ etc.), untersucht werden. Die dabei entstehenden Palatogramme, also Darstellungen der farbigen Kontaktstellen des Zungenrückens am Gaumen, werden fotografiert

und beurteilt. Aussagen über den velopharyngealen Mechanismus und Sprechqualität werden nicht getroffen.

Die Zungen- und zusätzlich Velummotorik kann auch kinesigraphisch anhand der ebenfalls von Engelke et al. [22] beschriebenen elektromagnetischen Artikulographie beurteilt werden. Diese beruht auf dem physikalischen Prinzip der Induktion. Dabei erzeugen drei auf einem Aluminiumhelm in der Mediosagittalebene montierte Senderspulen radialsymmetrische Wechselfelder unterschiedlicher Frequenz. Im Feld dieser Senderspulen werden intraoral parallel ausgerichtete miniaturisierte Empfängerspulen an den Punkten angebracht, deren Bewegung aufgezeichnet werden soll: eine an der Zungenspitze, drei am vorderen Teil des Zungenrückens, eine am Velumrand und eine am Zungenrücken unterhalb des Velumrandes. Die Bewegungsvorgänge werden am angeschlossenen PC-Bildschirm online dargestellt, als Referenzstrukturen der Zungen- und Velumbewegung dienen dabei Hartgaumen und Rachenhinterwand. Dieses instrumentell aufwendige Verfahren hat besondere Bedeutung für die Analyse der Motorik rekonstruierter Gaumensegel, z.B. bei Spaltpatienten oder nach Tumorresektion, ist jedoch in seiner Darstellung nur zweidimensional und liefert ebenfalls kein Aufschluss über die Sprechqualität.

Von Moon et al. [65] wird der Einsatz von computertomographischen Multilevel-Scans zur dreidimensionalen Analyse der velopharyngealen Strukturen und insbesondere ihrer Bewegungsmuster während der Phonation und sonstiger Funktionsbewegungen vorgeschlagen. Honjo et al. [42] propagieren den CT-Einsatz in Kombination mit direkter endoskopischer Diagnostik sogar als instrumentelle Basis für die Auswahl der geeignetsten Behandlungsmethode bei Gaumenspaltpatienten. Nachteilig ist dabei die erfolgende Strahlenbelastung des Patienten, die Aufwendigkeit des Verfahrens, und nicht zuletzt der erforderliche finanzielle Einsatz. In Kombination mit bereits vorhandenen und künftig sicherlich noch verbesserten computergestützten CT-basierten dreidimensionalen Visualisierungs- und Simulationsverfahren könnte diese Technik in Grundlagenforschung wie bei dezidierter OP-Planung eine stärkere Bedeutung erlangen. Auf der Grundlage akzelerometrischer Messung basiert der von Horii [43, 44] beschriebene HONC-Index (HONC = Horii Oral Nasal Coupling), die Weiterentwicklung einer 1975 von Stevens et al. [92] beschriebenen Messtechnik. Dabei wird

ein hochempfindlicher Miniaturakzelerometer an der Außenoberfläche der Nase platziert, der bei nasalen Sequenzen Signale hoher, bei nichtnasalen solche niedriger Amplitude liefert. Die Stimmamplitude wird über einen zweiten Akzelerometer am Kehlkopf abgeleitet (alternativ wird auch die Benutzung eines Mikrophons angegeben). Aus diesen beiden Signalen wird der HONC-Index als das Verhältnis von nasaler Amplitude zur Stimmamplitude in Prozent oder als Differenz der beiden Amplituden in Dezibel berechnet. Diese Vorgehensweise hat sowohl technisch wie in der Anwendung gewisse Ähnlichkeiten zu der in dieser Studie verwendeten Nasometrie.

Die Nasalanzmessung mit dem Nasometer stellt ein einfach anzuwendendes nicht-invasives und nichtintrusives diagnostisches Verfahren dar. Der akustische Ausstoß aus Nase und Mund wird über zwei an jeder Seite einer Trennplatte befestigte Richtmikrophone in proportionale elektrische Signale umgewandelt, die anschließend durch ein 300 Hz-Breitbandfilter mit einer Zentrumsfrequenz von 500 Hz getrennt gefiltert, digitalisiert und mittels Personalcomputer verarbeitet werden. Der Frequenzbereich von 500 ± 150 Hz ist nach Fletcher [30] derjenige, in dem nasalierte akustische Wiedergabe am deutlichsten zu erfassen ist. Der berechnete Nasalanzwert beschreibt den prozentualen Anteil der nasalen akustischen Energie an der Gesamtsprache und wird, während der Patient spricht, direkt als Verlaufsdiagramm auf dem Bildschirm angezeigt. Weiterhin können mit der entsprechenden Computersoftware die Nasalanzmittelwerte der untersuchten Sprechpassagen ermittelt werden. Eine Nasalanz von 100% würde bedeuten, dass nur die nasale Kavität am Sprechgeschehen beteiligt ist, eine Nasalanz von 0% entspräche keinerlei akustischer Beteiligung der Nasenwege. Diese Extremwerte kommen physiologischerweise nicht vor. Eine Hyperrhinophonie äußert sich folglich in erhöhten Nasalanzwerten, primär bei nichtnasalen Sprechpassagen. Eine Hyporhinophonie, die ja durch Limitierung des nasalen Luftweges gekennzeichnet ist, wird anhand reduzierter Nasalanzwerte bei Sprechpassagen mit Nasalkonsonanten diagnostiziert. Daher sind vor Durchführung einer Messung auch durch Erkrankungen bedingte Obstruktionen der Atemwege auszuschließen, da dadurch fälschlich zu niedrige Nasalanzwerte ermittelt würden. Mit dem Nasometer wird die subjektive klinische Einschätzung der Rhinophonien durch Berechnung des relativen Anteils der nasalen akustischen Energie quantifiziert. Die direkte bildliche Darstellung der Verlaufs-

diagramme bietet die Möglichkeit zum Einsatz als Kontrollinstrument in der Sprechtherapie [28]. Vorteilhaft sind die einfache Handhabung, die keine lange Vorbereitungszeit und hochqualifiziertes Fachpersonal erfordert, und die nichtinvasive Vorgehensweise, wodurch die Diagnostik auch bei geringerer Compliance ermöglicht wird. Direkte Informationen über den velopharyngealen Verschlussmechanismus werden jedoch nicht geboten.

Eine direkte Visualisierung der Anatomie und dynamischer Aktivität des velopharyngealen Sphinkters ermöglicht die in dieser Studie angewendete Nasopharyngoskopie mittels eines flexiblen Endoskopes. Dieses wird nach leichter Vasokonstriktion und Oberflächenanästhesie der ausgewählten Nasenöffnung vorzugsweise durch den mittleren Nasengang geführt, und ermöglicht die Beobachtung der relativen Beteiligung des Gaumensegels und der lateralen und posterioren Pharynxwände und damit der Vollständigkeit des Verschlusses und der individuellen Verschlussmuster [68]. Vorteilhaft sind die einfache Applikation bei minimaler Interferenz mit den involvierten Strukturen und das Fehlen jeglicher Strahlenbelastung, wie sie beispielsweise bei der Videofluoroskopie gegeben ist. Videoaufnahmen der Endoskopie ermöglichen eine spätere genauere Betrachtung des Sphinktermechanismus, die direkte Bilddarstellung erlaubt den Einsatz als Feedback-Technik [103].

Aufgrund der schwierigeren Stabilisierung und etwas schlechterer Bildqualität des flexiblen Endoskopes sowie nicht vollständiger Erfassung des dreidimensionalen Verschlussmechanismus empfehlen manche Autoren eine kombinierte Anwendung mit einem starren transnasal oder oral geführten Endoskop. So wird von Karnell und Morris [51] eine zusätzliche orale Endoskopie zur besseren Darstellung der kaudalen Bereiche des Velopharynx beschrieben. Allerdings kommt es dabei zu Interferenzen mit den untersuchten Strukturen, besonders die Sprachbildung wird durch das orale Endoskop beeinträchtigt. Yanagisawa et al. [105] beschreiben die gleichzeitige Anwendung eines transnasal geführten starren Endoskopes zur Beobachtung der velopharyngealen Strukturen mit einem ebenfalls durch die Nase geführten flexiblen Endoskop zur Betrachtung des laryngealen stimmbildenden Apparates. Die transnasale Applikation eines starren Endoskopes ist jedoch schwieriger durchzuführen und nicht bei jedem Patient aufgrund der individuellen anatomischen Gegebenheiten möglich [73], ferner ist

die Analyse des Larynx in der Routinediagnostik nicht unbedingt erforderlich. Finkelstein et al. [23] empfehlen zur besseren Darstellung eines vorhandenen Passavantschen Wulstes den sogenannten Force Sucking Test. Dabei saugt der Patient ca. 5 Sekunden kräftig an einem verschlossenen Katheter, während die Endoskopie durchgeführt wird, wodurch die beteiligten Strukturen stärker aktiviert werden als bei der Sprachbildung.

Die korrekte Beurteilung der endoskopischen Betrachtung hinsichtlich Vollständigkeit des Gaumensegelabschlusses und Verschlussmuster erfordert einen klinisch erfahrenen Betrachter. Da zudem mögliche Komplikationen während der Untersuchung, wie Vagusreizung oder iatrogene Blutung auftreten können, ist die Endoskopie für privat praktizierende Logopäden nicht geeignet, jedoch ein wertvolles Diagnostikmittel für Routineuntersuchungen im Klinikbereich und wissenschaftliche Studien.

4.2 Beurteilung der Ergebnisse

4.2.1 Nasometrie

Die Nasalanzmessung umfasste die kurz- und langgesprochenen Vokale sowie die Wörter und Sätze ohne Nasalkonsonanten anhand des Heidelberger Rhinophonie-Testbogens. Die zwei Wörter und drei Sätze des Testbogens mit Nasalkonsonanten wurden nicht in die Auswertung miteinbezogen, da sie der Diagnostik von Hyporhinophonien dienen, was nicht Gegenstand der Studie war. Da die Zuverlässigkeit der Nasometeraufnahme an sich als hoch erachtet wird [79], wurden keine Wiederholungsaufnahmen zu deren Überprüfung durchgeführt.

Es zeigte sich, dass die Vokale /o/ und /u/ die niedrigsten, der Vokal /i/ die höchsten Nasalanzmittelwerte erreichten. Die durchschnittliche Nasalanz von /e/ lag oberhalb der beiden erstgenannten, diejenige von /a/ zwischen /e/ und /i/. Dies galt sowohl für die kurz- wie für die langgesprochenen Vokale und entspricht den Ergebnissen von Heppt et al [40].

Die in dieser Studie untersuchten Normalpersonen wiesen bei den Sätzen eine durchschnittliche Nasalanz von $14,5 \pm 5,9\%$ auf. Dieser Wert entspricht den Ergebnissen der Untersuchungen an Normalpersonen von Stellzig et al. [90] mit $12,0 \pm 3,7\%$ und im finnischen Sprachraum von Haapanen et al. [37] mit $13,1 \pm 6,6\%$.

Für logopädisch als nichtnasal klassifizierte, chirurgisch therapierte Spaltpatienten werden in einer Studie von Fletcher et al. [29] 12,9% angegeben, in einer anderen von Dalston et al. [16] $15,0 \pm 8,6\%$.

Der Altersdurchschnitt der Probanden dieser Studie betrug 27 Jahre, die anderen o.g. Untersuchungen wurden bei verschiedenen Altersgruppen durchgeführt. So war das durchschnittliche Alter der untersuchten Personen bei Fletcher et al. [29] 9,7 Jahre, bei Stellzig et al. [90] 13,5 Jahre, bei Haapanen et al. [37] 21 Jahre und bei Dalston et al. [16] wurde lediglich die Altersspanne zwischen 3 - 56 Jahren angegeben. Es finden sich jedoch keine Hinweise auf Altersabhängigkeit der Nasalitätsausprägung in der Literatur. Lediglich in einer Untersuchung von Haapanen et al. [37] wird ein möglicher Einfluss des Patientenalters auf Nasalanzmittelwerte und deren Variationsbreite bei Sätzen mit Plosiven und Nasalkonsonanten diskutiert, jedoch ohne dass eine eindeutige und ausgeprägte Signifikanz festgestellt werden konnte.

Die Betrachtung der Nasalanzmittelwerte hinsichtlich geschlechtsspezifischer Unterschiede ergab eine Tendenz zu höheren Durchschnittswerten bei den weiblichen Probanden, die jedoch nur partiell statistisch zu validieren war. Andere Untersuchungen liefern hierzu teilweise widersprüchliche Hinweise. So konnten von Litzaw und Dalston [58] keine Unterschiede hinsichtlich Nasalanzmittelwerte zwischen weiblichen und männlichen Personen festgestellt werden, hingegen berichten Hutchinson et al. [46] höhere Werte bei Frauen sowohl bei Sätzen mit wie auch ohne Nasalkonsonanten.

Da die logopädische Beurteilung klinisch relevanter Nasalität immer noch als „goldener Standard“ angesehen wird [69, 77, 90], beschäftigte sich bereits eine Reihe von Untersuchungen mit dem Grad der Übereinstimmung zwischen logopädischen Einschätzungen und Nasometermessungen. Dabei wurden von verschiedenen Autoren unterschiedliche Nasalanzgrenzwerte verwendet, wobei der Übereinstimmungsgrad zur Logopädie gemeinhin als hoch bis sehr hoch angegeben wird. So liegen hinsichtlich der Spezifität, also des Prozentsatzes der logopädisch als nicht hypernasal eingeschätzten Personen, die anhand der Nasalanzwerte bei der Betrachtung von Sätzen ohne Nasalkonsonanten als solche korrekt klassifiziert wurden, die Ergebnisse von Stellzig et al. [90] mit 87% bei einem Grenzwert von 26 und 100% beim Grenzwert von 27, Dalston et al. [14] mit 95% beim Grenzwert von 32 und Hardin et al. [39] mit

91% Spezifität beim Grenzwert von 32 und 85%, wenn der Grenzwert auf 26 gesenkt wurde. In einer weiteren Studie von Dalston et al. [16] mit Patientengut aus drei kraniofazialen Zentren in den USA und Spanien betrug die Spezifität zwischen 78-90% bei Grenzwerten von 25, 29 und 33. Wesentlich schlechtere Ergebnisse erzielten hingegen Watterson et al [99] mit 55% und Paynter et al. [72] mit 60% Spezifität, bei einem Grenzwert von jeweils 25,25. Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse der verschiedenen Studien tabellarisch zusammengestellt (Tab.17). Die Sensitivität der Nasometriemessungen, also der Prozentsatz der anhand der Nasalanzwerte richtig klassifizierten logopädisch als hypernasal eingeschätzten Personen lag in den meisten Studien etwas darunter.

Tab.17: Spezifität, Sensitivität und Gesamtübereinstimmung zwischen Nasometrie und logopädischen Einschätzungen bei diversen Studien

STUDIE	PATIENTEN-ZAHL	NASALANZ-GRENZWERT	SPEZIFITÄT	SENSITIVITÄT	GESAMTÜBER-EINSTIMMUNG
DALSTON ET AL. 1991	117	32	95%	89%	93%
DALSTON ET AL. 1993	186	25	90%	88%	89%
	288	29	90%	90%	90%
	40	33	78%	77%	78%
HARDIN ET AL. 1992	74	26	85%	76%	82%
		32	91%	57%	81%
PAYNTER ET AL. 1991	30	25,25	60%	78%	66%
STELLZIG ET AL. 1994	120	26	87%	80%	83%
		27	100%	80%	90%
WATTERSON ET AL. 1990	25	25,25	55%	71%	49%

Generell gibt es mehrere Faktoren, die bei der Betrachtung der Ergebnisse der diversen Studien zu berücksichtigen sind. Zum einen gibt es Differenzen in der Anzahl der beurteilenden Logopäden und deren Erfahrung. So erfolgt die Einschätzung in der einen Studie von Dalston et al. [14] lediglich durch einen Logopäden. In den o.g. Untersuchungen von Paynter et al. [72] und Watterson et al. [99] ist der Anteil unerfahrener Logopäden weitaus größer, was die deutlich schlechteren Ergebnisse bei der Übereinstimmung zur Nasometrie zumindest partiell erklären mag. Weiterhin ist eine möglichst hohe Anzahl von untersuchten Personen anzustreben, da bei einer relativ kleinen Patientenzahl die statistische Relevanz von Einzelwerten steigt.

Letztendlich ist zu beachten, dass die Untersuchungen aus verschiedenen Sprachräumen stammen und teilweise auch differierende Sprechproben verwendet wurden [15]. So wurde von Seaver et al. [79] festgestellt, dass abhängig von der geographischen Region, in der eine Untersuchung vorgenommen wird, es durchaus zu deutlichen Differenzen in den Nasalanzmittelwerten kommen kann. Es kann daher angenommen werden, dass ein einzelner Nasalanzgrenzwert keine Allgemeingültigkeit haben kann, sondern die regionalen Gegebenheiten zu berücksichtigen sind.

Insgesamt kann jedoch festgestellt werden, dass die Anwendung des Nasometers aufgrund der hohen Übereinstimmung mit der logopädischen Einschätzung eine wertvolle Hilfestellung im Diagnostikprozess der Hyperrhinophonie bieten kann. Daher wurde in dieser Studie auch keine weitere Untersuchung des Übereinstimmungsgrades mit logopädischer Bewertung durchgeführt.

4.2.2 Endoskopie und Adenoide

Die Nasopharyngoskopie mittels eines flexiblen Endoskopes ermöglicht die direkte Betrachtung der Strukturen des nasopharyngealen Raumes und dabei insbesondere des velopharyngealen Sphinkters in Ruhe und während ihrer Funktion. Sie wird allgemein als eine zuverlässige Methode mit geringer Interferenz mit den involvierten Strukturen angesehen [18, 19, 20, 47, 50, 64, 67, 94].

Die Auswertung bei der vorliegenden Studie bezog sich auf die Gesamtheit der Vokale und der Wörter und Sätze ohne Nasalkonsonanten, und erfolgte durch eine in endoskopischer Analyse erfahrene Person, was nach D'Antonio et al. [19] die Reliabilität der Beobachtungen signifikant steigert.

Die velopharyngealen Verschlussmuster wurden analog dem von Croft et al. [7] und Skolnick et al. [86] beschriebenen Schema klassifiziert. Bei 75,5% der untersuchten Personen wurde ein koronarer, bei den restlichen 24,5% ein zirkulärer Verschluss beobachtet, das sagittale Verschlussmuster war in keinem der Fälle präsent. Das vorherrschende Auftreten des koronaren Verschlussmusters korrespondiert mit den Ergebnissen der Studien von Skolnick et al. [86] und Croft et al. [7], wobei die erste der beiden auf Videofluoroskopie und nicht auf Nasoendoskopie basiert.

Karnell und Morris [51] hingegen berichten das Überwiegen des zirkulären velopharygealen Verschlusses, allerdings war hier die Anzahl der untersuchten Personen mit 15 relativ gering. Auch in der Studie von Müßig und Pröschel [67] wurde in 58% der Fälle ein zirkuläres und nur bei 42% ein koronares Verschlussmuster diagnostiziert. Hier bezog sich die Untersuchung jedoch ausschließlich auf die Bildung des Lautes /k/, zudem waren die Probanden allesamt Spaltträger.

Der velopharygeale Verschluss wurde in 73,6% der Fälle als vollständig, bei den restlichen 26,4% als geringgradig unvollständig klassifiziert. Als primäre Ursache für einen unvollständigen Verschluss wurde die Formausprägung des Adenoidpolsters festgestellt, welches in verstärkter Häufigkeit mittig angehoben bzw. eingezogen war. Hingegen scheint eine früher stattgefundene Adenotomie keine negativen Auswirkungen auf die Verschlussqualität auszuüben, da alle diesbezüglich diagnostizierten Personen in der Gruppe mit vollständigem Verschluss zu finden waren.

Weiterhin gab es keinen statistisch zu sichernden Zusammenhang zwischen Verschlussmuster und Grad der Vollständigkeit des velopharygealen Verschlusses. So war beim koronaren Verschlussmuster in 75% der Fälle, beim zirkulären in 69% ein vollständiger Verschluss vorhanden.

Besonders auffällig war die geringe Beteiligung des Passavantschen Wulstes, dem von diversen Autoren eine wichtige Rolle als kompensatorische Struktur beim velopharyngealen Verschlussmechanismus beigemessen wird [32, 87]. Lediglich bei 8 von den 53 Probanden war sein Auftreten kaudal der eigentlichen Verschlussebene zu beobachten, davon war er nur bei 2 Personen deutlich erkennbar. Ähnliche Ergebnisse berichten Müßig und Pröschel [67], die hier eine mögliche adaptive Inaktivität als Anpassung an ein primär adäquate Velumfunktion vermuten. Karnell und Morris [51] geben an, dass der Passavantsche Wulst in der endoskopischer Ansicht von nasal weniger einfach zu erkennen sei als von oral.

Zwischen den beiden Geschlechtern gab es nur hinsichtlich der Verschlusskompetenz eine statistisch zu sichernde Differenz. So war bei den männlichen Personen mit 86,7% zu 13,3% häufiger ein vollständiger Gaumensegelabschluss zu beobachten als bei den weiblichen (56,5% zu 43,5%).

Da es sonst keine signifikanten Unterschiede gab, und auch das Signifikanzniveau mit 3% nicht allzu hoch lag, bleibt offen, inwieweit dieses Ergebnis als relevant zu betrachten ist.

Der Vergleich der aus der Nasoendoskopie gewonnenen Daten mit den Nasometriewerten ergab keine statistisch zu sichernden Auswirkungen des Verschlussmusters auf die Nasalität der Sprache. Hingegen war hinsichtlich der Vollständigkeit des Verschlusses eine Tendenz zu niedrigeren Nasalanzwerten des langen /i/ und der Sätze bei den Personen mit vollständigem Gaumensegelabschluss zu beobachten. Somit scheint allein die Verschlussqualität und nicht das Verschlussmuster für die akustische Qualität des Sprechens von Bedeutung zu sein, allerdings war hier die statistische Signifikanz nicht sehr hoch. Zudem ist auch die Differenz zwischen vollständigem und geringgradig unvollständigem Verschluss in ihrer klinischen Bedeutung wohl nicht als allzu relevant zu erachten.

Weiterhin zeigte sich bei den Probanden mit festgestellter Adenotomie eine statistisch validierbare Tendenz zu niedrigeren Nasalanzwerten beim langen /i/ sowie den Wörtern und Sätzen ohne Nasalkonsonanten. Die von Witzel et al. [102] und Croft et al. [6] beobachtete Hypernasalität infolge erfolgter Adenotomie erscheint hingegen nur im jugendlichen Alter von Relevanz, wo das Adenoidgewebe eine kompensatorische Funktion bei präoperativ vorhandenen Faktoren, wie beispielsweise okkulten submucösen Spalten, erfüllt. Bei der vorliegenden Studie hingegen scheint das Fehlen der infolge Adenotomie nicht vorhandenen, für den vollständigen velopharygealen Verschluss ungünstigen Formgebungen der Adenoide (s.o.) eine Erklärung für die niedrigeren Nasalanzwerte zu liefern. Zu beachten ist allerdings der mit 8 von 53 verhältnismäßig geringe Anteil adenotomierter Personen.

Bei der Betrachtung der Mittelwerte der kephalometrischen Größen gab es dagegen keine statistisch zu sichernden Unterschiede zwischen adenotomierten und nicht adenotomierten Personen.

Hinsichtlich der Verschlusskompetenz zeigte sich bei Personen mit geringgradig unvollständigem gegenüber denen mit vollständigem Gaumensegelabschluss, dass der Oberkiefer im Durchschnitt weiter retrognath positioniert war und daraus resultierend auch die Weite des oberen Nasopharynx Spp-Ad2 kleiner sowie die Höhe des

knöchernen Nasopharynx HoBaSpp geringer waren. Auch die Velumlänge Spp-U war hier statistisch signifikant kleiner, nicht jedoch die Messgrößen für die Pharynxtiefe BaSpp und Spp-Ad1. Das Signifikanzniveau lag dabei mit 5% jedoch nicht sehr hoch, zudem betrug die Mittelwertunterschiede bestenfalls 2-3 mm, so dass die Relevanz dieser Befunde offen und der bessere Verschluss eher auf ein längeres Gaumensegel als auf eine vertikal stärker ausgeprägte Nasopharynxkonfiguration zurückzuführen sein mag. Müßig und Pröschel [67] stellten hingegen bei Spaltträgern fest, dass die Qualität des velopharygealen Verschlusses mit größerem NSBa-Winkel und damit größerer Pharynxtiefe, sowie mit stärkerer anteriorer Oberkieferschwenkung verringert war.

Im Vergleich zwischen den beiden vorgefundenen Verschlussmustern war eine Tendenz zu höheren Werten des Flächenmaßes des knöchernen Nasopharynx Narea und der kaudalen Distanz zwischen Adenoidgewebe und der Spina nasalis posterior Spp-Ad3 bei Probanden mit zirkulärem velopharygealem Verschluss zu beobachten. Da auch die Mittelwerte der anderen beiden Distanzen zum Adenoidgewebe Spp-Ad1 und Spp-Ad2 vergrößert waren (jedoch ohne statistische Signifikanz), kann vermutet werden, dass hier die gegenüber dem koronaren Verschlussmuster stets vorhandene zusätzliche Mitbeteiligung der lateralen Pharynxanteile während des Verschlusses eine kompensatorische Funktion erfüllt.

4.2.3 Auswertung der Fernröntgenseitenbilder

Fernröntgenseitenbilder erlauben nach Holmberg und Linder-Aronson [41] eine einfache und dabei ausreichend zufriedenstellende Berechnung der Dimensionen des Nasopharynx und Betrachtung der adenoidalen Gewebepolster der posterioren Pharynxwand. Allerdings ist die Darstellung mit dem Nachteil der Zweidimensionalität behaftet.

Die Vermessung der Fernröntgenseitenbilder erfolgte manuell nach der Heidelberger Analyse, einer Abwandlung der Analyse nach Rakosi [75], wobei jedoch nur die für das Wachstumsmuster sowie sagittalen Oberkiefereinbau und seine Schwenkung relevanten Messgrößen betrachtet wurden. Zusätzlich erfolgte eine weitergehende Analyse des velopharygealen Raumes analog der Untersuchungen nach Linder-Aronson [57]. Dabei wurden anhand von Strecken-, Winkel- und Flächenmessungen die Dimensionen

der knöchernen Nasopharynx bestimmt und die Ausdehnung und Flächenanteil des Adenoidgewebes ermittelt. Weiterhin wurde nach Müßig und Pröschel [67] und Stellzig et al. [91] der sogenannte Pharynxindex, ein Quotient aus Velumlänge und Tiefe des Weichteilnasopharynx, gebildet.

Die Auswertungen der vorliegenden Studie wurden alle von der gleichen Person im gleichen Zeitraum durchgeführt. Zur Abschätzung des individuellen Fehlers sind 10 zufällig ausgewählte Fernröntgenseitenbilder erneut durchgezeichnet und die Standardabweichung und der mittlere Fehler zwischen den Auswertungen bestimmt worden. Die Mittelwerte der Messdifferenz lagen bei den Streckenmaßen unter 1 mm, bei den Winkelmaßen um 1°. Zusätzlich wurde der Reliabilitätskoeffizient nach Houston [3, 45] bestimmt. Danach lag die Reliabilität der Messungen zwischen 0,97 und 0,99 und entsprach der geforderten Größenordnung.

Die Mehrzahl der untersuchten Personen wies ein horizontales bzw. neutrales Wachstumsmuster auf, nur bei 11% war das Wachstumsmuster vertikal. Bei der Unterscheidung nach Oberkiefereinbau anhand des SNA-Winkels war der ortho/prognathe Typ genauso häufig wie der retrognathe vertreten.

Hinsichtlich der Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern wurden signifikante Differenzen bei der durchschnittlichen Höhe und Weite des knöchernen Nasopharynx festgestellt, die bei männlichen Probanden größer waren. Die dadurch vergrößerte Nasopharynxfläche korrespondierte mit einer vermehrten Adenoidausdehnung, so dass der prozentuelle Anteil des Adenoidgewebes bei beiden Geschlechtern ähnlich groß war. Die durchschnittliche Velumlänge war bei den männlichen Probanden ebenfalls größer und dadurch bedingt zeigte der Pharynxindex ein entsprechend günstigeres Verhältnis von Pharynxweite zu Länge des weichen Gaumens. Da ja ebenfalls eine Tendenz zu niedrigeren Nasalanzmittelwerten sowie eher vollständigem Gaumensegelabschluss bei den männlichen Probanden festgestellt wurde (s.o.), könnte man hier einen Zusammenhang mit der besseren Pharynxindex-Ratio vermuten, statistisch validieren ließ er sich jedoch nicht.

Nach Handelman und Osborne [38] hingegen, die den Wachstumsverlauf des Nasopharynx bei weiblichen und männlichen Probanden zwischen 9 Monaten und 18 Jahren untersucht haben, gibt es keine wesentlichen Differenzen in den

Nasopharynxdimensionen zwischen den beiden Geschlechtern, jedoch Unterschiede im Wachstumsverlauf. So ist bei den weiblichen Personen das Nasopharynxwachstum größtenteils mit knapp 14 Jahren abgeschlossen, bei den männlichen hingegen dauert die Entwicklung bis über das 17 Lebensjahr hinweg (was dem bekannten skelettalen Entwicklungsschema entspricht), wobei die Vergrößerung des knöchernen Nasopharynx primär auf einen Gewinn an Pharynxhöhe bei nahezu konstanter Tiefe zurückzuführen ist.

Zur Feststellung möglicher Zusammenhänge zwischen kephalometrischen Größen und Nasometriewerten wurden zunächst die einfachen Korrelationen zwischen den einzelnen kephalometrischen Messgrößen und den Nasalanzen der einzelnen Vokale, sowie der Wörter und Sätze ohne Nasalkonsonanten anhand des Pearson- bzw. Spearman-Korrelationskoeffizienten ermittelt. Es wurden dabei keine statistisch signifikanten Korrelationen zu den Nasalanzen der Wörter und Sätze festgestellt, lediglich einzelne Zusammenhänge bei den kurz- und langgesprochenen Vokalen. Da zudem die Größe der Korrelationskoeffizienten weitgehend unter $\pm 0,5$ lag, was einer beträchtlichen Wertestreuung um die Regressionsgerade entspricht, kann angenommen werden, dass keine relevanten linearen Einzelkorrelationen zwischen Nasalanzwerten und kephalometrischen Messgrößen gegeben waren.

Hingegen wurden in diversen Studien wohl Einflüsse des skelettalen Aufbaus auf die Nasalität der Sprache festgestellt. So ermittelten Stellzig et al. [91] bei hyperrhinophon sprechenden Spaltträgern deutlich kürzere Velumlängen, verstärkte Anterotation des Oberkiefers und vor allem größere Werte für den Pharynxindex $Spp-Ad_3/Spp-U$ (und damit ein Missverhältnis zwischen Pharynxtiefe und Velumlänge). Haapanen et al. [36] fanden, ebenfalls bei Spaltträgern, einen Zusammenhang zwischen vergrößertem Abstand des Adenoidpolsters zur Spina nasalis posterior $Spp-Ad_1$ und $Spp-Ad_2$ und Hypernasalität der Sprache, jedoch waren diese Korrelationen nicht linear. Jakhi et al. schließlich [48] ermittelten, dass zwischen hypernasal und nicht hypernasal sprechenden Normalpersonen Unterschiede hinsichtlich Velopharynxtiefe und Velumlänge gegeben seien. Es ist jedoch zu beachten, dass die vorliegende Untersuchung zum einen nicht an Spaltträgern durchgeführt wurde, so dass deren skelettale Differenzen zu Normalpersonen, wie beispielsweise von Smahel und Müllerova [88] festgestellt, zu

berücksichtigen sind. Zum anderen war bei den untersuchten Personen keine Aufteilung in eine hyperrhinophon und eine nicht nasal sprechende Gruppe möglich, so dass lediglich lineare Korrelationen zwischen kephalometrischen Größen und Nasalanzwerten untersucht werden konnten, was die zu den o.g. Studien teilweise differierenden Ergebnisse erklären mag.

Zusätzlich zur Analyse der Einzelkorrelationen wurde der mögliche gleichzeitige Einfluss mehrerer skelettalen Variablen auf die Nasalität anhand einer multiplen linearen Regressionsanalyse untersucht. Das Ziel dabei war, eine Regressionsgleichung aufzustellen, die anhand weniger skelettalen Variablen eine möglichst erwartungstreue Schätzung der Zielgröße, hier der Nasalanz, ermöglicht. Die zu diesem Zweck durchgeführte schrittweise Regression nach dem FORWARD-Verfahren ergab für die Nasalanz des langen /u/ ein Regressionsmodell, das lediglich 36% der Varianz der Zielgröße erklärt, beim Regressionsmodell für die Nasalanz der Sätze waren es mit 16% noch deutlich weniger. Da zudem bei beiden Regressionsgleichungen Multikollinearität vermutet werden konnte, ist festzustellen, dass kein brauchbares Regressionsmodell aufzustellen war, und somit bei der vorliegenden Studie ein Zusammenhang zwischen mehreren kephalometrischen Messgrößen und Nasalanzwerten als nicht gegeben anzunehmen ist.

4.3 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Nasalanzmessungen mittels Nasometrie aufgrund ihrer einfachen Anwendung ein geeignetes Hilfsmittel in der Diagnostik und Behandlung von Sprachstörungen darstellen. Auch die Nasopharyngoskopie mittels eines flexiblen Endoskopes ist ein wertvolles Diagnostikinstrument zur direkten Betrachtung des velopharyngealen Verschlussmechanismus während der Lautbildung und Beurteilung seiner Qualität und funktionaler Formgebung.

Bei Normalpersonen ohne Vorliegen von Hyperrhinophonien scheint es keine direkten Zusammenhänge zwischen einzelnen oder mehreren skelettalen Parametern und Nasalität der Sprache zu geben. Auch die Differenzen zwischen vollständigem und geringgradig unvollständigem Gaumensegelabschluss sind in ihrer Auswirkung auf die Sprechqualität marginal und wohl primär auf unvorteilhafte Formgebungen des Adenoidpolsters

des posterioren Pharynx zurückzuführen. In diesen Fällen kann eine erfolgte Adenotomie durch Eliminierung dieses Faktors sogar einen besseren Abschluss bewirken.

Das Vorherrschen des koronaren Verschlussmusters und die geringe Bedeutung des Passavantschen Wulstes sprechen dafür, dass bei günstigen anatomischen Voraussetzungen kompensatorische Strukturen beim velopharyngealen Verschluss kaum eine Rolle spielen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Aufgabe der vorliegenden Studie war es, die Frage nach möglichen Zusammenhängen zwischen Nasalität der Sprache, der Konfiguration des velopharyngealen Verschlusses, dem Einfluss von adenoidem Gewebe des Nasopharynx sowie den kephalometrischen Parametern bei Normalpersonen ohne bekannte angeborene Fehlbildungen im orofazialen Bereich zu klären. Zu diesem Zweck wurden die Ergebnisse der Nasometeruntersuchung von 53 Personen auf Korrelationen zu Messgrößen aus endoskopischer Darstellung des Velopharynx und der Analyse von Fernröntgenseitenbildern mit statistischen Methoden untersucht.

Es zeigte sich, dass die Nasalanzmessung mit dem Nasometer eine einfach zu handhabende und reproduzierbare Untersuchungsmethode darstellt. Die mittleren Nasalanzwerte der verschiedenen Vokale unterschieden sich signifikant. Dabei erreichten die Vokale /o/ und /u/ die niedrigsten, der Vokal /i/ die höchsten Nasalanzmittelwerte, dazwischen lagen die Werte für /a/ und /e/.

Im Verhältnis zu den skelettalen Parametern zeigten sich bei univariater Betrachtung keine signifikanten Korrelationen bei den Nasalanzen der Wörter und Sätze und bei den Vokalen statistisch nur wenig ausgeprägte Korrelationen. Bei multivariater Betrachtung war kein universell sinnvolles Regressionsmodell aufstellbar. Lediglich 16% der Schwankungen der Nasalanz der Sätze und 36% der Varianz der Nasalanz des langen /u/ konnten mit den aufgestellten Regressionsgleichungen erklärt werden.

Die in dieser Untersuchung durchgeführte Nasopharyngoskopie mittels eines flexiblen Endoskopes ermöglichte bei relativ einfacher Anwendung eine direkte Visualisierung der Anatomie und dynamischer Aktivität des velopharyngealen Spinkters.

Bei der Lautbildung war das koronare Bewegungsmuster vorherrschend vor dem zirkulären, sagittales Verschlussmuster wurde nicht beobachtet. Die Verschlussqualität war überwiegend sehr gut, lediglich bei einem Viertel der untersuchten Personen konnte ein geringgradig unvollständiger velopharyngealer Verschluss, der meist durch Form und Ausdehnung des Adenoidgewebes bedingt war, beobachtet werden. Auffallend war die geringe Beteiligung des Passavantschen Wulstes bei der Lautbildung der Vokale, Wörter und Sätze.

Hinsichtlich der Nasalanzmittelwerte fanden sich keine Unterschiede zwischen koronarem und zirkulärem Verschlussmuster. Hingegen war eine statistisch zu sichernde Tendenz zu niedrigeren Nasalanzmittelwerten des langgesprochenen Vokals /i/ und der Sätze beim vollständigem gegenüber dem geringgradig unvollständigen velopharygealen Verschluss und zu niedrigeren Nasalanzmittelwerten des langen Vokals /i/ sowie der Wörter und Sätze bei Personen mit festgestellter Adenotomie gegenüber denjenigen ohne Adenotomie zu beobachten.

Zwischen koronarem und zirkulärem Verschlussmuster sowie zwischen vollständigem und geringgradig unvollständigem velopharyngealem Verschluss konnten Differenzen auf niedrigerem Signifikanzniveau hinsichtlich einiger kephalometrischer Parameter festgestellt werden.

Im zwischengeschlechtlichen Vergleich zeigten die weiblichen Personen eine Tendenz zu höheren Nasalanzmittelwerten. Bei der endoskopischen Diagnostik war bei den weiblichen Probanden eine stärkere Tendenz zum geringgradig unvollständigem velopharygealen Verschluss feststellbar. In der kephalometrischen Untersuchung hatten diese zudem ein durchschnittlich kürzeres Gaumensegel und dadurch eine schlechtere Pharynxindex-Ratio, jedoch ohne dass hier ein statistisch zu sichernder Einfluss auf die Nasalität nachzuweisen war.

Bei Personen ohne angeborene Fehlbildungen im orofazialen Bereich und ohne Vorliegen von Hyperrhinophonien scheint es nur geringe Auswirkungen skelettaler Parameter auf die Nasalität der Sprache zu geben. Auch ein geringgradig unvollständiger velopharyngealer Verschluss, der wohl meist auf unvorteilhafte Formausprägung adenoidaler Strukturen zurückzuführen sei, zeigt nur marginale Auswirkungen auf die auditive Beurteilung der Sprechqualität. Bei sonst günstigen anatomischen Voraussetzungen erscheint auch die Bedeutung kompensatorischer Strukturen wie zirkuläre velopharyngeale Bewegungsmuster oder das Auftreten eines Passavantschen Wulstes von untergeordneter Bedeutung.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. *Andreassen M.L., Leeper H.A., MacRae D.L. :*
Changes in vocal resonance and nasalization following adenoidectomy in normal children: preliminary findings
J. Otolaryngol. 1991; 20: 237-242
2. *Arnold G.E. :*
Die Sprache und ihre Störungen
3. Aufl. Springer, Wien-New York 1970, 613-670
3. *Battagel J.M. :*
A comparative assessment of cephalometric errors
Eur. J. Orthod. 1993; 15: 305-314
4. *Böhme G. :*
Angewandte Phoniatrie
HNO 1977; 25: 55-64
5. *Counihan D.T., Cullinan W.L. :*
Reliability and dispersion of nasality ratings
Cleft Palate J. 1970; 7: 261-270
6. *Croft C.B., Shprintzen R.J., Ruben R.J. :*
Hypernasal speech following adenotonsillectomy
Otolaryngol. Head Neck Surg. 1981; 89: 179-188
7. *Croft C.B., Shprintzen R.J., Rakoff S.J. :*
Patterns of velopharyngeal valving in normal and cleft palate subjects: a multiview videofluoroscopic and nasoendoscopic study
Laryngoscope 1981; 91: 265-271
8. *Dalston R.M. :*
Photodetector assessment of velopharyngeal activity
Cleft Palate J. 1982; 19: 1-8
9. *Dalston R.M., Warren D.W. :*
The diagnosis of velopharyngeal inadequacy
Clin. Plast. Surg. 1985; 12: 685-695
10. *Dalston R.M., Warren D.W. :*
Comparison of Tonar II, pressure-flow, and listener judgements of hypernasality in the assessment of velopharyngeal function
Cleft Palate J. 1986; 23:108-115

11. *Dalston R.M.* :
Using simultaneous photodetection and nasometry to monitor velopharyngeal behaviour during speech
J. Speech Hear Res. 1989; 32: 195-202
12. *Dalston R.M., Seaver E.J.* :
Nasometric and phototransductive measurements of reaction times among normal adult speakers
Cleft Palate J. 1990; 27: 61-67
13. *Dalston R.M., Warren D.W., Dalston E.T.* :
A preliminary investigation concerning the use of nasometry in identifying patients with hyponasality and/or nasal airway impairment
J. Speech Hear. Res. 1991; 34: 11-18
14. *Dalston R.M., Warren D.W., Dalston E.T.* :
Use of nasometry as a diagnostic tool for identifying patients with velopharyngeal impairment
Cleft Palate Craniofac. J. 1991; 28: 184-188
15. *Dalston R.M., Seaver E.J.* :
Relative values of various standardized passages in the nasometric assessment of patients with velopharyngeal impairment
Cleft Palate Craniofac. J. 1992; 29: 17-21
16. *Dalston R.M., Neiman G.S., Gonzalez-Landa G.* :
Nasometric sensitivity and specificity: a cross-dialect and cross-culture study
Cleft Palate Craniofac. J. 1993; 30: 285-291
17. *D'Antonio L.L., Chait D., Lotz W., Netsell R.* :
Pediatric videonasoscopy for speech and voice evaluation
Otolaryngol. Head Neck Surg. 1986; 94: 578-583
18. *D'Antonio L.L., Muntz H.R., Marsh J.L., Marty-Grames L., Backensto-Marsh, R.* :
Practical application of flexible fiberoptic nasopharyngoscopy for evaluating velopharyngeal function
Plast. Reconstr. Surgery 1988; 82: 611-618
19. *D'Antonio L.L., Marsh J.L., Province M., Muntz H., Phillips C.J.* :
Reliability of flexible fiberoptic nasopharyngoscopy for evaluation of velopharyngeal function in a clinical population
Cleft Palate J. 1989; 26: 217-225
20. *D'Antonio L.L., Achauer B.M., Vander-Kam V.M.* :
Results of a survey of cleft palate teams concerning the use of nasoendoscopy
Cleft Palate Craniofac. J. 1993; 30: 35-39

21. *Dechkunakorn S., Sawaengkit P. :*
The assessment of nasopharyngeal airway space
J. Dent. Assoc. Thai 1989; 39: 43-50
22. *Engelke W., Schönle P.W., Engelke D. :*
Zwei objektive Verfahren zur Untersuchung motorischer Funktionen nach Eingriffen an Zunge und Velum
Dtsch. Z. Mund Kiefer Gesichts Chir. 1990; 14: 348-358
23. *Finkelstein Y., Talmi Y.P., Kravitz K., Bar-Ziv J., Nachmani A., Hauben D.J., Zohar Y. :*
Study of the normal and insufficient velopharyngeal valve by the "Forced Sucking Test"
Laryngoscope 1991; 101: 1203-1212
24. *Fletcher S.G. :*
Theory and instrumentation for quantitative measurement of nasality
Cleft Palate J. 1970; 7: 601-609
25. *Fletcher S.G., Bishop M.E. :*
Measurement of nasality with Tonar
Cleft Palate J. 1970; 7: 610-621
26. *Fletcher S.G. :*
Contingencies for bioelectric modification of nasality
J. Speech Hear Disor. 1972; 37: 329-345
27. *Fletcher S.G. :*
Tonar II: an instrument for use in management of nasality
Ala. J. Med. Sci. 1972; 9: 333-338
28. *Fletcher S.G., Frost S.D. :*
Quantitative and graphic analysis of prosthetic treatment for "nasalance" in speech
J. Prosthet. Dent. 1974; 32: 284-291
29. *Fletcher S.G. :*
"Nasalance" vs. listener judgements of nasality
Cleft Palate J. 1976; 13: 31-44
30. *Fletcher S.G., Adams L.E., McCutcheon M.J. :*
Cleft palate speech assessment through oral-nasal acoustic measures
In: Bzoch KR (Hrsg.), Communicative disorders related to cleft lip and palate
Little & Brown, Boston 1989, 246-250
31. *Gereau S.A., Shprintzen R.J. :*
The role of adenoids in the development of normal speech following palate repair
Laryngoscope 1988; 98: 299-303

32. *Glaser E.R., Skolnick M.L., McWilliams B.J., Shprintzen R.J. :*
The dynamics of Passavant's ridge in subjects with and without velopharyngeal insufficiency - a multi-view videofluoroscopic study
Cleft Palate J. 1979; 16: 24-33
33. *Gogolok J., Schuemer R., Ströhlein G. :*
Datenverarbeitung und statistische Auswertung mit SAS
Fischer, Stuttgart-Jena-New York 1992, 539-687
34. *Goode R.L., Ross J. :*
Velopharyngeal insufficiency after adenoidectomy
Arch. Otorhinolaryng. 1972; 96: 223-226
35. *Graf A., Ortseifen C. :*
Statistische und grafische Datenanalyse mit SAS
Spektrum, Heidelberg-Berlin-Oxford 1995, 175-226
36. *Haapanen M.L., Heliövaara A., Ranta R. :*
Hypernasality and the nasopharyngeal space - a cephalometric study
J. Cranio-Max.-Fac. Surgery 1991; 19: 77-81
37. *Haapanen M.L. :*
Nasalance scores in normal Finnish speech
Folia Phoniatr. Basel 1991; 43: 197-203
38. *Handelman C.S., Osborne G. :*
Growth of the nasopharynx and adenoid development from one to eighteen years
Angle Orthod. 1976; 46: 243-259
39. *Hardin M.A., Van Demark D.R., Morris H.L., Payne M.M. :*
Correspondence between nasalance scores and listener judgements of hypernasality and hyponasality
Cleft Palate Craniofac. J. 1992; 29: 346-351
40. *Heppt W., Westrich M., Strate B., Möhring L. :*
Nasalanz: Ein neuer Begriff der objektiven Nasalitätsanalyse
Laryngorhinootologie 1991; 70: 208-213
41. *Holmberg H., Linder-Aronson S. :*
Cephalometric radiographs as a mean of evaluating the capacity of the nasal and velopharyngeal airway
Am. J. Orthod. 1979; 76: 479-490
42. *Honjo I., Mitoma T., Ushiro K., Kawano M. :*
Evaluation of velopharyngeal closure by CT scan and endoscopy
Plast. Reconstr. Surg. 1984; 74: 620-627

43. *Horii Y.* :
An accelerometric approach to nasality measurement: a preliminary report
Cleft Palate J. 1980; 17: 254-261
44. *Horii Y., Lang E.* :
Distributional analyses of an index of nasal coupling (HONC) in simulated hypernasal speech
Cleft Palate J. 1981; 18: 279-285
45. *Houston W.J.B.* :
The analysis of errors in orthodontic measurements
Am. J. Orthod. 1983; 83: 382-390
46. *Hutchinson J.M., Robinson K.L., Nerbonne M.A.* :
Patterns of nasalance in a sample of normal gerontologic subjects
J. Commun. Disord. 1978; 11: 469-481
47. *Ibuki K., Karnell M.P., Morris H.L.* :
Reliability of the nasopharyngeal fiberscope (NPF) for assessing velopharyngeal function
Cleft Palate J. 1983; 20: 97-107
48. *Jakhi S.A., Karjodkar F.R.* :
Use of cephalometry in diagnostic resonance disorders
Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. 1990; 98: 323-332
49. *Jonas I., Mann W.* :
Zur Bedeutung der Adenoide bei kieferorthopädischen Patienten
Fortschr. Kieferorthop. 1988; 49: 239-251
50. *Karnell M.P., Ibuki K., Morris H.L., Van Demark D.R.* :
Reliability of the nasopharyngeal fiberscope (NPF) for assessing velopharyngeal function: analysis by judgement
Cleft Palate J. 1983; 20: 199-208
51. *Karnell M.P., Morris H.L.* :
Multiview videoendoscopic evaluation of velopharyngeal physiology in 15 normal speakers
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 1985; 94: 361-365
52. *Karnell M.P., Seaver E.J., Dalston R.M.* :
A comparison of photodetector and endoscopic evaluations of velopharyngeal functions
J. Speech Hear Res. 1988; 31: 503-510

53. *Kay Elemetrics* :
Nasometer Model 6200-2 IBM Instruction manual
Kay Elemetrics, Pine Brook, NJ 1988, 29-70
54. *Kerr W.J.S.* :
The nasopharynx, face height, and overbite
The Angle Orthodontist 1985; 55: 31-36
55. *Kummer A.W., Billmire D.A., Myer C.M.* :
Hypertrophic tonsils: the effect on resonance and velopharyngeal closure
Plast. Reconstr. Surg. 1993; 91: 608-611
56. *Laine T., Warren D.W., Dalston R.M., Morr K.E.* :
Screening of velopharyngeal closure based on nasal airflow rate measurements
Cleft Palate J. 1988; 25: 220-225
57. *Linder-Aronson S.* :
Adenoids: Their effect on mode of breathing and nasal airflow and their relationship to characteristics of the facial skeleton and the dentition
Acta Otolaryng. Suppl. 265, 1970
58. *Litzaw L.L., Dalston R.M.* :
The effect of gender upon nasalance scores among normal adult speakers
J. Commun. Disord. 1992; 25: 55-64
59. *Lotz W.K., D'Antonio L.L., Chait D.H., Netsell R.W.* :
Successful nasoendoscopic and aerodynamic examinations of children with speech/voice disorders
Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1993; 26: 165-172
60. *Luo Y.* :
The application of nasometer on the analysis of normal and cleft palate speech
Chung Hua Kou Chiang Hsueh Tsa Chih. 1992; 27: 285-287
61. *MacKenzie-Stepner K., Witzel M.A., Stringer D.A., Laskin R.* :
Velopharyngeal insufficiency due to hypertrophic tonsils. A report of two cases
Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1987; 14: 57-63
62. *Matsuya T., Miyazaki T., Yamaoka M.* :
Fiberscopic examination of velopharyngeal closure in normal individuals
Cleft Palate J. 1974; 11: 286-291
63. *McWilliams B.J., Glaser E.R., Philips B.J., Lawrence C., Lavorato A.S., Beery Q.C., Skolnick M.L.* :
A comparative study of four methods of evaluating velopharyngeal adequacy
Plast. Reconstr. Surg. 1981; 68: 1-10

64. *Miyazaki T., Matsuya T., Yamaoka M. :*
Fiberscopic methods for assessment of velopharyngeal closure during various activities
Cleft Palate J. 1975; 12: 107-114
65. *Moon J.B., Smith W.L. :*
Application of cine computed tomography to the assessment of velopharyngeal form and function
Cleft Palate J. 1987; 25: 226-232
66. *Morr K.E., Warren D.W., Dalston R.M., Smith L.R. :*
Screening of velopharyngeal inadequacy by differential pressure measurements
Cleft Palate J. 1989; 26: 42-45
67. *Müßig D., Pröschel U. :*
Die Qualität des velopharyngealen Abschlusses in Abhängigkeit von der Gesichtsmorphologie bei LKG-Spalten
Fortschr. Kieferorthop. 1993; 54: 101-107
68. *Muntz H.R. :*
Navigation of the nose with flexible fiberoptic endoscopy
Cleft Palate Craniofac. J. 1992; 29: 507-510
69. *Pannbacker M., Lass N.J., Middleton G.F., Crutchfield E., Trapp D.S., Scherbick K.A. :*
Current clinical practices in the assessment of velopharyngeal closure
Cleft Palate J. 1984; 21: 33-37
70. *Parker A.J., Maw A.R., Szallasi F. :*
An objective method of assessing nasality: a possible aid in the selection of patients for adenoidectomy
Clin. Otolaryngol. 1989; 14: 161-166
71. *Parker A.J., Clarke P.M., Dawes P.J., Maw A.R. :*
A comparison of active anterior rhinomanometry and nasometry in the objective assessment of nasal obstruction
Rhinology 1990; 28: 47-53
72. *Paynter E.T., Watterson T.L., Boose W.T. :*
The relationship between nasalance and listener judgements
Presentation at the Am. Cleft Palate Craniofacial Ass., Hilton Head, SC 1991
73. *Pigott R.W., Makepeace A.P. :*
Some characteristics of endoscopic and radiologic systems used in elaboration of the diagnosis of velopharyngeal incompetence
Br. J. Plast. Surg. 1982; 35: 19-32

74. *Poole M.N., Engel G.A., Chaconas S.J. :*
Nasopharyngeal cephalometrics
Oral Surgery 1980; 49: 266-271
75. *Rakosi T. :*
Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenanalyse
2. Aufl., Hanser, München-Wien 1988, 44-57
76. *Sachs L. :*
Angewandte Statistik
7. Aufl. Springer, Berlin-Heidelberg 1992, 489-570
77. *Schneider E., Shprintzen R.J. :*
A survey of speech pathologists: current trends in the diagnosis and management
of velopharyngeal insufficiency
Cleft Palate J. 1980; 17: 249-253
78. *Schwartz M.F. :*
The acoustics of normal and nasal vowel production
Cleft Palate J. 1968; 5: 125-140
79. *Seaver E.J., Dalston R.M., Leeper H.A., Adams L.A. :*
A study of nasometric values for normal nasal resonance
J. Speech Hear Res. 1991; 34: 715-721
80. *Shprintzen R.J., Sher A.E., Croft C.B. :*
Hypernasal speech caused by tonsillar hypertrophy
Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1987; 14: 45-56
81. *Siegel-Sadewitz V.L., Shprintzen R.J. :*
Changes in velopharyngeal valving with age
Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1986; 11: 171-182
82. *Simpson R.K., Austin A.A. :*
A cephalometric investigation of velar stretch
Cleft Palate J. 1972; 9: 341-351
83. *Simpson R.K., Colton J. :*
A cephalometric study of velar stretch in adolescent subjects
Cleft Palate J. 1980; 17: 40-47
84. *Simpson R.K., Chin L. :*
Velar stretch as a function of task
Cleft Palate J. 1981; 18: 1-9

85. *Skolnick M.L. :*
Videofluoroscopic examination of the velopharyngeal portal during phonation in lateral and base projections
Cleft Palate J. 1970; 7: 803-816

86. *Skolnick M.L., McCall G.N., Barnes M. :*
The sphincteric mechanism of velopharyngeal closure
Cleft Palate J. 1973; 10: 286-305

87. *Skolnick M.L., Shprintzen R.J., McCall G.N., Rakoff S. :*
Patterns of velopharyngeal closure in subjects with repaired cleft palate and normal speech: a multi-view videofluoroscopic analysis
Cleft Palate J. 1975; 12: 369-376

88. *Smahel Z., Müllerova I. :*
Nasopharyngeal characteristics in children with cleft lip and palate
Cleft Palate Craniofac. J. 1992; 29: 282-286

89. *Steele C.H., Fairchild R.C., Ricketts R.M. :*
Forum on the tonsil and adenoid problem in orthodontics
Am. J. Orthod. 1968; 54: 485-515

90. *Stellzig A., Heppt W., Komposch G. :*
Das Nasometer, ein Instrument zur Objektivierung der Hyperrhinophonie bei LKG-Patienten
Fortschr. Kieferorthop. 1994; 55: 176-180

91. *Stellzig A., Komposch G. :*
Hyperrhinophonie und Gesichtsschädelaufbau
Fortschr. Kieferorthop. 1994; 55: 181-185

92. *Stevens K.N., Kalikow D.N., Willemain T.R. :*
A miniature accelerometer for detecting glottal waveforms and nasalisation
J. Speech Hear Res. 1975; 18: 594-599

93. *Van Demark D., Bzoch K., Daly D., Fletcher S., McWilliams B.J., Pannbacker M., Weinberg B. :*
Methods of assessing speech in relation to velopharyngeal function
Cleft Palate J. 1985; 22: 281-285

94. *Wang D.Y., Clement P., Kaufman L., Derde M.P. :*
Fiberoptic examination of the nasal cavity and nasopharynx in children
Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1991; 24: 35-44

95. *Warren D.W., Dubois A.B. :*
A pressureflow technique for measuring velopharyngeal orifice area during continuous speech
Cleft Palate J. 1964; 1: 52-71
96. *Warren D.W. :*
Perci: A method for rating palatal efficiency
Cleft Palate J. 1979; 16: 279-285
97. *Warren D.W., Dalston R.M., Trier W.C., Holder M.B. :*
A pressure-flow technique for quantifying temporal patterns of palatopharyngeal closure
Cleft Palate J. 1985; 22: 11-19
98. *Warren D.W., Dalston R.M., Mayo R. :*
Hypernasality in the presence of "adequate" velopharyngeal closure
Cleft Palate Craniofac. J. 1993; 30: 150-154
99. *Watterson T., Wright D.S., McFarlane S.C. :*
The relationship between nasalance and nasality in cleft palate children
Presentation at the Am. Cleft Palate Craniofacial Ass., St. Louis, Missouri 1990
100. *Williams R.G., Preece M., Rhys R., Eccles R. :*
The effect of adenoid and tonsil surgery on nasalance
Clin. Otolaryngol. 1992; 17: 136-140
101. *Wirth G. :*
Sprachstörungen, Sprechstörungen, kindliche Hörstörungen
Deutscher Ärzteverlag, Köln 1990, 299-333
102. *Witzel M.A., Rich R.H., Margar-Bacal F., Cox C. :*
Velopharyngeal insufficiency after adenoidectomy: an 8-year review
Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1986; 11: 15-20
103. *Witzel M.A., Tobe J., Salyer K. :*
The use of nasopharyngoscopy biofeedback therapy in the correction of inconsistent velopharyngeal closure
Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol. 1988; 15: 137-142
104. *Yanagisawa E., Isaacson G., Kmucha S.T., Hirokawa R. :*
Video nasopharyngoscopy: a comparison of fiberscopic, telescopic and microscopic documentation
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 1989; 98: 15-20
105. *Yanagisawa E., Kmucha S.T., Estill J. :*
Role of the soft palate in laryngeal functions and selected voice qualities
Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 1990; 99: 18-28

7. ANHANG : Zusammenstellung der Meßwerte

Patientendaten:

Nummer	Name	Alter	Geschlecht
1	A.D.	25	M
2	S.A.	26	M
3	C.B.	24	W
4	T.K.	29	M
5	A.S	27	M
6	A.S-B.	26	M
7	J.B.	28	W
8	S.S.	24	W
9	P.H.	24	M
10	R.K.	23	W
11	M.K.	25	W
12	B.K.	25	W
13	R.H.	28	M
14	M.R-H.	24	W
15	A.G.	25	W
16	H-D.W.	30	M
17	J.B.	29	M
18	A.E.	31	W
19	A.F.	24	M
20	B.K.	27	W
21	H.S.	30	M
22	H.G.	23	M
23	J.R.	24	M
24	B.S.	29	M
25	T.S.	33	W
26	W.Z.	27	M
27	A.M.	24	W
28	C.L.	24	M
29	J.K.	29	M
30	K.H.	33	M
31	H.S.	25	M
32	I.N.	31	W
33	C.S.	25	M
34	P.W.	36	M
35	U.W.	41	M
36	A.z.W.	30	M
37	M.B.	25	M
38	A-U.N.	22	W
39	M.W.	25	W
40	B.E.	28	W
41	A.S.	29	M
42	M.B.	25	M
43	E.K.	29	W
44	M.K.	31	M
45	B.W.	25	W
46	H.K.	29	M
47	U.O.	32	M
48	C.S.	27	W
49	C.H.	27	W
50	M.T.	27	W
51	C.Z.	26	M
52	W.L.	24	W
53	T.M.	23	W

Nasometriewerte : Nasalanzen

Nr.	/a/ kurz	/e/ kurz	/i/ kurz	/o/ kurz	/u/ kurz	/a/ lang	/e/ lang	/i/ lang	/o/ lang	/u/ lang	Wörter	Sätze
1	13,8	10,3	13,5	5,2	4,0	3,2	3,0	8,8	3,1	3,0	13,9	7,2
2	36,5	49,2	48,7	3,0	6,3	7,0	5,0	30,3	6,2	8,6	14,4	14,2
3	33,5	25,5	44,8	8,5	18,1	27,6	22,4	47,3	6,6	9,5	23,7	21,2
4	31,2	23,7	30,5	15,8	9,1	27,5	11,9	13,9	5,8	6,4	24,5	19,1
5	22,3	9,1	29,8	4,2	12,3	6,6	4,3	23,3	2,3	10,8	7,1	5,9
6	21,1	11,8	20,1	6,0	11,0	26,2	9,3	20,2	5,1	4,8	14,7	15,3
7	35,4	32,1	42,9	24,5	11,4	30,4	22,5	33,5	5,4	13,6	20,5	10,8
8	14,7	2,5	13,1	2,1	5,2	5,6	1,9	6,0	2,4	6,0	4,9	4,4
9	42,2	35,3	32,5	17,1	7,9	31,9	17,9	15,4	5,7	4,9	27,4	14,1
10	19,6	17,6	18,7	2,1	6,3	22,7	7,4	18,3	2,4	5,6	27,2	23,4
11	30,2	7,6	19,4	5,8	9,5	26,6	4,7	13,3	3,6	5,4	14,2	11,8
12	30,4	34,2	42,2	15,7	24,6	29,5	30,1	36,4	12,6	27,1	17,0	13,0
13	24,6	26,5	37,5	18,9	18,3	16,5	15,1	36,2	6,2	14,7	19,9	18,4
14	10,4	29,8	55,4	10,9	17,7	11,6	42,3	54,6	7,2	14,3	19,2	10,6
15	36,6	15,9	40,3	10,3	13,2	14,3	10,0	27,8	1,6	15,3	24,9	16,6
16	17,9	21,5	59,8	12,4	24,1	17,9	17,1	47,7	9,0	7,4	11,3	12,7
17	34,8	30,9	38,4	12,4	7,6	30,9	34,2	55,8	3,5	4,7	23,1	17,1
18	27,6	16,8	30,5	10,5	9,2	22,6	31,5	20,7	1,3	7,3	12,8	7,7
19	13,3	8,6	36,0	7,8	14,2	5,8	9,1	31,9	5,4	10,8	16,7	12,7
20	37,1	23,5	54,5	9,9	27,5	29,9	14,1	33,6	9,5	36,9	34,0	18,8
21	30,7	28,7	36,8	17,8	20,2	26,4	22,8	27,7	9,6	11,1	27,6	18,9
22	29,6	37,9	46,6	19,1	11,1	23,0	15,1	44,9	9,9	10,4	20,6	11,3
23	27,8	22,1	19,2	7,3	5,1	17,9	21,3	33,0	8,0	7,8	21,9	15,3
24	24,6	23,5	23,4	3,4	13,6	25,8	10,0	9,5	4,2	2,5	21,1	11,2
25	31,6	26,7	63,6	17,9	30,6	32,0	37,6	59,2	20,4	20,0	31,4	21,0
26	31,7	16,8	47,4	3,3	7,4	13,4	13,3	44,3	4,3	13,1	24,1	16,8
27	33,2	42,4	69,0	12,8	20,7	20,2	25,0	47,7	7,7	15,8	19,9	21,3
28	25,1	22,5	27,7	12,9	15,4	16,7	17,1	41,8	7,3	17,0	18,8	10,9
29	17,6	12,5	15,2	9,8	6,1	9,3	6,9	5,2	3,2	3,7	8,1	7,6
30	22,1	16,0	68,3	11,1	32,5	23,5	12,9	35,9	6,4	17,4	31,7	21,5
31	15,1	20,3	25,0	12,5	17,1	7,8	11,3	12,8	6,1	6,5	17,2	13,6
32	50,9	78,5	83,9	53,7	60,4	46,8	71,8	76,5	46,5	53,0	46,3	34,5
33	28,2	14,0	19,3	6,7	8,7	22,3	6,4	16,5	3,9	3,9	20,6	8,4
34	37,1	19,1	34,9	9,7	9,0	35,0	13,1	24,5	4,7	4,5	22,5	13,0
35	27,1	27,8	29,4	9,1	10,0	37,4	15,7	27,5	7,2	6,8	23,6	16,9
36	24,9	24,5	14,6	8,5	12,0	31,6	5,6	14,1	6,2	5,4	12,1	7,3
37	24,6	18,5	44,9	11,9	23,5	22,0	8,0	25,3	4,6	12,2	18,5	11,9
38	48,9	43,8	59,4	21,5	32,6	41,4	50,8	61,8	34,0	36,0	22,7	21,2
39	38,5	22,9	43,0	10,0	29,5	23,0	19,2	45,4	7,0	16,9	22,9	19,5
40	40,3	15,1	42,3	8,1	19,6	21,9	16,1	36,1	9,7	42,8	15,2	17,3
41	17,3	6,8	16,4	3,6	3,1	7,5	5,7	7,4	3,3	2,9	10,9	8,8
42	32,9	33,0	37,3	12,6	12,4	21,0	21,0	33,8	7,2	6,7	23,3	15,6
43	36,9	35,1	52,3	18,5	29,9	27,5	21,2	49,0	10,0	18,9	18,9	7,5
44	34,9	18,3	20,7	10,0	15,5	33,7	19,3	24,3	9,2	7,9	13,4	10,5
45	14,5	8,9	32,3	4,4	13,2	15,0	7,5	37,2	5,5	9,5	24,6	16,1
46	22,3	15,8	17,7	6,9	5,0	19,7	8,8	8,2	5,3	3,9	12,1	7,9
47	15,4	6,2	16,5	2,4	6,7	24,8	8,3	20,7	2,1	2,9	8,6	5,9
48	19,8	12,8	25,3	9,6	8,2	26,5	17,0	25,9	13,3	7,3	21,5	10,3
49	20,6	24,6	26,0	13,7	8,3	20,8	30,2	38,8	8,3	11,5	20,6	17,0
50	38,3	32,4	29,4	19,2	10,7	34,0	36,3	32,4	9,0	9,5	24,1	11,9
51	33,8	39,7	65,6	15,6	16,3	29,2	48,7	62,5	9,5	11,6	19,6	19,5
52	43,6	15,7	26,0	10,1	14,1	32,5	3,3	19,0	3,4	9,3	19,7	16,4
53	39,3	51,0	64,8	27,2	36,2	34,0	55,3	69,1	25,3	38,3	27,5	27,6

Endoskopiewerte :

Nr.	Verschlusskompetenz	Verschlussmuster	Passavant	Adenoidform*	Ursache für unvollst. Verschluss**
1	100%	koronar	--	3	--
2	100%	koronar	--	7	--
3	100%	koronar	--	6	--
4	100%	koronar	--	4	--
5	100%	koronar	--	7	--
6	90-%	koronar	--	3	1
7	100%	koronar	--	3	--
8	90-%	koronar	--	2	2
9	100%	koronar	--	7	--
10	90-%	zirkulär	--	4	2
11	90-%	koronar	--	5	2
12	100%	koronar	--	7	--
13	100%	koronar	--	3	--
14	90-%	koronar	--	4	3
15	100%	zirkulär	deutlich	4	--
16	100%	koronar	schwach	1	--
17	100%	koronar	--	6	--
18	100%	zirkulär	--	3	--
19	100%	zirkulär	schwach	5	--
20	100%	zirkulär	schwach	1	--
21	100%	zirkulär	--	4	--
22	100%	koronar	--	2	--
23	100%	zirkulär	--	6	--
24	100%	zirkulär	--	6	--
25	100%	koronar	--	1	--
26	100%	zirkulär	--	4	--
27	90-%	koronar	--	4	2
28	90-%	zirkulär	--	6	3
29	100%	koronar	--	7	--
30	100%	koronar	--	6	--
31	100%	zirkulär	schwach	3	--
32	90-%	koronar	--	4	2
33	100%	koronar	--	3	--
34	100%	koronar	--	5	--
35	100%	koronar	--	5	--
36	100%	koronar	--	7	--
37	100%	koronar	schwach	3	--
38	100%	koronar	--	6	--
39	90-%	koronar	deutlich	5	2
40	100%	koronar	--	6	--
41	100%	koronar	--	3	--
42	90-%	koronar	--	5	2
43	100%	koronar	--	1	--
44	100%	koronar	--	5	--
45	90-%	koronar	--	5	2
46	100%	koronar	--	7	--
47	100%	koronar	--	5	--
48	100%	koronar	--	7	--
49	90-%	koronar	schwach	5	4
50	100%	koronar	--	4	--
51	90-%	zirkulär	--	4	2
52	100%	koronar	--	1	--
53	90-%	zirkulär	--	5	2

*: 1=flach

2=asymm./diffus

3=komplett

angehoben

4=mittig angehoben

5=mittig eingezogen

6=spaltdurchzogen

7=Adenotomie

**: 1=Tonsillengröße

2=Adenoidform

3=ausgepr. Pharynx

4=asymm. Bewegung

des lateralen

Pharynx

Kephalometriewerte : Strecken (in mm)

Nr.	Ba-Spp	Ba-Ad1	Ba-Ho	Spp-Ad1	Spp-Ad2	Spp-Ad3	Spp-U	HoBaSpp
1	52,0	26,0	35,0	25,5	19,5	31,0	45,0	17,0
2	46,5	19,0	37,0	27,0	25,0	31,0	48,5	22,5
3	44,0	18,0	32,0	26,0	24,0	31,5	35,0	20,5
4	53,0	21,5	36,0	31,5	25,0	35,5	41,5	20,0
5	53,0	21,0	36,0	32,0	25,5	36,5	32,0	20,0
6	52,0	23,0	36,0	29,0	21,0	36,0	43,0	18,0
7	51,0	21,0	30,0	30,0	24,0	36,0	37,5	17,5
8	47,0	17,5	32,0	29,5	28,0	33,0	28,0	20,5
9	48,0	20,0	35,5	28,0	28,0	33,5	35,0	22,0
10	51,5	21,0	39,0	30,5	19,5	35,0	39,0	20,0
11	45,5	20,5	31,0	25,0	20,0	30,5	33,5	17,0
12	48,0	20,0	33,0	28,0	23,0	32,0	35,5	17,0
13	51,5	22,5	37,0	29,0	23,0	33,0	40,5	16,0
14	48,5	18,5	36,0	30,0	20,5	33,5	34,5	18,5
15	56,0	34,5	31,0	21,5	28,0	38,0	39,0	15,0
16	51,5	24,0	36,5	27,5	28,5	31,5	33,0	21,0
17	51,5	21,0	41,0	30,5	22,5	35,0	37,0	24,0
18	42,5	19,5	29,0	23,0	21,5	27,5	31,0	18,0
19	53,5	22,5	36,5	31,0	28,0	37,0	41,5	22,0
20	47,0	16,0	32,5	31,0	26,0	33,0	36,0	19,0
21	54,5	22,5	40,0	32,0	24,0	36,0	39,0	23,5
22	49,0	20,0	32,0	29,0	30,5	31,0	41,0	23,0
23	50,5	19,0	35,5	31,5	29,0	36,5	38,5	24,5
24	50,0	21,0	36,5	29,0	24,5	35,0	37,5	21,5
25	42,0	15,5	26,0	26,5	27,0	30,5	29,5	18,0
26	55,0	24,0	36,0	31,0	28,0	35,5	35,0	21,0
27	43,5	18,5	27,0	25,0	25,0	31,0	32,5	18,0
28	53,0	25,5	36,0	28,0	21,0	34,0	35,5	19,5
29	48,5	23,5	34,0	25,0	18,5	31,5	39,0	18,5
30	47,5	19,5	32,0	28,0	27,0	32,0	40,0	20,0
31	54,5	21,5	45,0	33,0	23,5	37,5	37,0	22,0
32	49,5	27,5	32,0	26,0	21,5	31,5	31,0	17,0
33	54,5	24,0	36,0	30,5	28,5	38,0	44,5	21,0
34	52,0	22,0	41,5	30,0	25,0	34,0	41,0	22,0
35	50,0	20,5	36,5	29,5	26,0	34,0	34,5	21,5
36	45,0	20,0	36,0	25,0	21,5	30,0	35,5	22,5
37	53,0	27,0	38,0	26,0	24,0	34,0	40,5	20,0
38	50,0	20,0	32,5	30,0	25,5	33,5	32,5	19,0
39	59,0	26,0	36,0	33,0	25,0	37,5	34,5	16,0
40	48,0	17,0	28,5	31,0	28,0	34,0	37,0	18,0
41	49,0	20,0	40,0	29,0	22,0	33,5	42,5	22,0
42	51,5	23,5	35,5	28,0	24,0	33,5	38,5	20,0
43	45,5	21,0	28,0	24,5	24,5	30,0	38,0	18,0
44	46,5	22,5	32,0	24,0	23,0	31,0	41,5	20,0
45	46,0	17,5	31,0	28,5	22,0	32,0	34,5	18,0
46	48,5	21,0	37,0	27,5	23,5	33,0	35,5	21,5
47	51,5	27,0	36,0	24,5	21,0	32,0	49,5	19,0
48	50,0	20,0	27,0	30,0	29,0	35,5	37,0	17,5
49	46,5	20,0	31,0	26,5	24,0	30,0	33,5	17,0
50	44,0	20,0	30,5	24,0	23,0	30,5	36,0	18,5
51	44,0	19,0	35,5	25,0	28,0	31,0	41,0	24,5
52	49,0	25,0	33,5	23,5	21,0	31,0	38,0	18,5
53	51,5	20,0	37,0	32,0	23,5	35,5	36,5	17,0

**Kephalometriewerte : Winkel (in °), Flächen (in mm²) und Quotienten
(in %, Spp-Ad3/Spp-U dimensionslos)**

Nr.	Summe	Inklin	SN- MeGo	SNA	BaHo Spp	Narea	Aarea	SGo/ NMe	Spp-Ad3/ SppU	A-Prozent
1	383,0	87,5	23,0	85,5	113,0	442,0	288,8	73,9	0,69	65,3
2	379,0	82,0	18,5	81,0	89,5	523,1	240,5	80,8	0,64	46,0
3	392,0	86,0	32,0	84,0	94,0	451,0	231,0	68,2	0,90	51,2
4	393,0	83,0	33,0	79,5	105,0	530,0	266,0	68,6	0,86	50,9
5	381,0	80,0	21,0	86,0	106,0	530,0	275,5	76,2	1,14	52,0
6	388,0	86,0	27,0	79,0	109,0	468,0	259,9	70,2	0,84	55,5
7	388,0	84,0	27,5	86,0	111,0	446,3	251,3	69,1	0,96	56,3
8	392,0	88,0	32,0	79,0	98,0	481,8	203,1	65,3	1,19	42,2
9	377,0	84,0	16,5	78,0	94,5	528,0	239,6	81,1	0,96	45,4
10	389,0	82,0	29,0	80,5	102,0	515,0	287,0	68,2	0,90	55,7
11	392,0	83,0	31,0	81,5	105,0	386,8	231,0	66,7	0,91	59,7
12	392,0	86,0	32,0	76,0	108,0	408,0	195,5	64,5	0,90	47,9
13	385,0	86,0	25,0	77,5	114,0	412,0	185,0	73,4	0,82	44,9
14	396,0	80,0	37,0	77,0	103,0	448,6	234,4	66,1	0,97	52,3
15	385,0	84,0	25,5	82,0	123,0	420,0	212,5	70,6	0,97	50,6
16	383,0	85,5	22,0	81,0	101,0	540,8	259,0	76,7	0,96	47,9
17	393,0	85,0	33,0	86,5	91,0	618,0	346,5	66,2	0,95	56,1
18	400,0	82,0	39,0	76,5	99,0	382,5	210,0	60,5	0,89	54,9
19	390,0	85,0	29,0	84,0	101,0	588,5	294,5	68,4	0,89	50,0
20	391,0	85,0	30,5	85,0	102,0	446,5	181,5	67,8	0,92	40,7
21	383,5	87,0	23,5	87,5	98,0	640,4	357,0	75,2	0,92	55,8
22	382,0	86,0	22,0	79,0	95,0	563,5	284,4	75,3	0,76	50,5
23	387,0	84,5	28,0	86,0	91,0	618,6	297,0	71,4	0,95	48,0
24	384,0	85,5	24,5	82,0	98,0	537,5	281,3	74,1	0,93	52,3
25	390,0	80,0	30,0	80,0	99,0	378,0	149,5	68,3	1,03	39,6
26	390,5	89,0	30,0	87,0	106,0	577,5	290,6	69,3	1,01	50,3
27	388,5	88,0	27,0	79,0	101,0	391,5	213,8	70,9	0,95	54,6
28	393,0	86,0	23,0	78,0	108,0	516,8	335,8	75,8	0,96	65,0
29	392,5	81,0	32,0	76,5	104,0	448,6	296,0	67,8	0,81	66,0
30	396,5	80,0	37,0	74,5	100,0	475,0	231,0	62,0	0,80	48,6
31	401,5	77,0	31,0	86,0	95,0	599,5	287,5	64,4	1,01	48,0
32	397,0	89,0	36,0	77,0	111,0	420,8	245,0	64,2	1,02	58,2
33	387,0	89,0	27,0	82,0	105,0	572,3	300,0	72,7	0,85	52,4
34	388,5	85,0	29,0	80,0	95,0	572,0	294,0	69,3	0,83	51,4
35	401,5	79,0	41,5	83,0	98,0	537,5	262,5	59,0	0,97	48,8
36	389,0	83,0	28,0	77,0	88,0	506,3	282,9	71,1	0,85	55,9
37	390,0	86,0	30,0	81,5	105,0	530,0	306,1	67,2	0,84	57,8
38	383,0	89,0	24,0	83,0	106,0	475,0	229,5	72,9	1,03	48,3
39	388,0	82,0	28,0	78,0	123,0	472,0	246,9	67,2	1,09	52,3
40	395,0	84,0	29,0	81,0	106,0	432,0	195,0	67,7	0,92	45,1
41	380,0	90,0	20,0	84,0	92,0	539,0	263,3	79,1	0,79	48,8
42	392,0	86,0	30,0	76,0	104,0	515,0	300,0	66,9	0,87	58,3
43	389,5	87,5	29,0	88,0	103,0	409,5	232,5	70,9	0,79	56,8
44	392,0	87,5	32,0	87,0	100,0	465,0	276,4	68,8	0,75	59,4
45	391,0	82,0	31,0	80,5	104,0	414,0	206,3	69,4	0,93	49,8
46	402,5	85,0	42,0	78,5	96,0	521,4	281,3	58,3	0,93	53,9
47	389,0	89,0	28,0	82,5	105,0	489,3	312,0	70,3	0,65	63,8
48	399,0	87,5	38,0	81,0	110,0	437,5	210,3	60,6	0,96	48,1
49	384,0	87,0	24,5	84,0	109,0	395,3	189,0	72,3	0,90	47,8
50	389,0	85,5	28,5	77,0	100,0	407,0	217,0	67,9	0,85	53,3
51	396,0	86,0	35,0	79,5	83,0	539,0	262,5	67,0	0,76	48,7
52	388,0	86,0	29,0	80,0	74,5	453,0	297,0	71,0	0,83	65,6
53	399,0	85,0	38,0	79,0	110,0	437,8	196,9	62,7	0,97	45,0

7.1 Auswertungsbogen zur Pharyngoskopieanalyse

Name: Age: Date: Nostril: <input type="checkbox"/> right <input type="checkbox"/> left Fistula: <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> yes location: size (mm): <input type="checkbox"/> open <input type="checkbox"/> closed Pulsation of the posterior pharyngeal wall: <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> yes	Patterns of velopharyngeal closure at the superior level of VP valve <input type="checkbox"/> coronal <input type="checkbox"/> circular <input type="checkbox"/> circular with a Passavant's ridge <input type="checkbox"/> sagittal Relative involvement in VP valve <input type="checkbox"/> predominantly velar <input type="checkbox"/> in equal extent velar and lateral <input type="checkbox"/> predominantly lateral	Movement of the lateral and posterior pharyngeal walls below the superior level of VP valve <input type="checkbox"/> unchanged mobility of the lat. pharyngeal walls <input type="checkbox"/> higher mobility of the lat. pharyngeal walls <input type="checkbox"/> contact of the lat. pharyngeal walls in the midline <input type="checkbox"/> occurrence of a Passavant's ridge Development of the Passavant's ridge <input type="checkbox"/> always <input type="checkbox"/> sometimes: when	
Velopharyngeal competence Text passage: <input type="checkbox"/> 100 % <input type="checkbox"/> 90- % (marginally) <input type="checkbox"/> 75- % <input type="checkbox"/> 50- % <input type="checkbox"/> 25- % <input type="checkbox"/> 0- % specially good (+) specially poor (-) a e i o u p b t d k g f v s z sh(sch) j r l h kikiki gigigi mamama nanana papapa bububu vavava sisisi	Shape of the adenoids <input type="checkbox"/> flat <input type="checkbox"/> asymmetrical/ diffuse <input type="checkbox"/> entirely raised <input type="checkbox"/> raised in the middle <input type="checkbox"/> indented in the middle <input type="checkbox"/> crevices <input type="checkbox"/> adenoidectomy before	Velar contact against <input type="checkbox"/> posterior pharyngeal wall <input type="checkbox"/> Passavant's ridge <input type="checkbox"/> adenoid tissue <input type="checkbox"/> no contact	Size of the tonsils <input type="checkbox"/> small <input type="checkbox"/> large <input type="checkbox"/> right = left <input type="checkbox"/> right < left <input type="checkbox"/> right > left
<input type="checkbox"/> glottal stop articulation: <input type="checkbox"/> laryngeal articulation: <input type="checkbox"/> pharyngeal articulation: Location / shape of the VPI <input type="checkbox"/> medial: <input type="checkbox"/> oval/slitlike → <input type="checkbox"/> round <input type="checkbox"/> lateral: <input type="checkbox"/> unilateral: <input type="checkbox"/> left <input type="checkbox"/> right <input type="checkbox"/> bilateral: <input type="checkbox"/> right = left <input type="checkbox"/> right < left <input type="checkbox"/> right > left	Etiology of velopharyngeal incompetence <input type="checkbox"/> structural asymmetry of the velum <input type="checkbox"/> diastasis of the palatal muscles in repaired cleft palate <input type="checkbox"/> submucous cleft palate <input type="checkbox"/> fistula <input type="checkbox"/> shape of the adenoids <input type="checkbox"/> size of the tonsils: <input type="checkbox"/> right <input type="checkbox"/> left <input type="checkbox"/> right + left <input type="checkbox"/> disharmony of complex movement (e.g. upward flip of the uvula) <input type="checkbox"/> asymmetry of the lat. pharyngeal wall movement: <input type="checkbox"/> right side less <input type="checkbox"/> left side less <input type="checkbox"/> compensatory articulation <input type="checkbox"/> subjective rating: <input type="checkbox"/> poor mobile velum <input type="checkbox"/> shortened velum <input type="checkbox"/> large pharynx	Further recommended therapy <input type="checkbox"/> video feedback <input type="checkbox"/> speech therapy <input type="checkbox"/> surgical intervention: <input type="checkbox"/> pharyngeal flap <input type="checkbox"/> sphincter pharyngoplasty <input type="checkbox"/> alignment of the palatal muscles <input type="checkbox"/> tonsillectomy <input type="checkbox"/> adenoidectomy	

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich besonders Frau Prof. Dr. Angelika Stellzig-Eisenhauer für die ausgezeichnete Betreuung und die ständige Hilfs- und Diskussionsbereitschaft während des gesamten Zeitraums der Anfertigung dieser Dissertation danken.

Mein Dank gilt auch Frau Prof. Dr. Gerda Komposch für die Überlassung des Themas dieser Dissertation und die Möglichkeit zur Durchführung der entsprechenden Untersuchungen in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität Heidelberg.

Prof. Dr. G. Wirth danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes am Nasometer in der Abteilung für Stimm- und Sprachstörungen sowie Pädaudiologie der HNO-Klinik der Universität Heidelberg.

Ebenso danke ich Frau B. Strate für die Unterstützung bei phoniatischen Fragestellungen und Herrn Dr. Decker für die Durchführung der endoskopischen Untersuchungen.

Außerdem bedanke ich mich für die hilfreiche statistische Beratung im Institut für Biometrie der Universität Heidelberg.

CURRICULUM VITAE

Personalien

Name: Aleksander Boguslaw Dunaj
Geburtsdatum: 04.08.1968
Geburtsort: Danzig
Familienstand: verheiratet
Vater: Dr. Kazimierz Krejczy
Mutter: Dr. Weronika Dunaj

Schulischer Werdegang

1974 -1979 Grundschule in Danzig, Polen
1979 -1980 Fritz-Ulrich-Schule in Heilbronn (Förderschule zum Erlernen der deutschen Sprache)
1980 - 1981 Dossenberger-Gymnasium in Günzburg
1981 - 1988 Staatliches Mannlich-Gymnasium in Homburg/Saar
16.06.1988 Allgemeine Hochschulreife

Universitärer Werdegang

WS 1988/89 Beginn des Studiums der Zahnmedizin an der Ruprecht-Karls-Universität in Heidelberg
03.04.1990 Naturwissenschaftliche Vorprüfung
30.09.1991 Zahnärztliche Vorprüfung
03.08.1994 Zahnärztliche Prüfung
21.09.1994 Approbation als Zahnarzt

Beruflicher Werdegang

01.03.1995 - 26.03.1997 Vorbereitungsassistent in der Zahnarztpraxis Dr. I. Peterka, Philippsburg
27.03.1997 - 31.12.1997 angestellter Zahnarzt in der Zahnarztpraxis Dr. I. Peterka, Philippsburg
ab 1.4.1998 selbstständig in Hügelsheim/Baden

A.Dunaj