

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie
- Direktor : Univ.-Prof. Dr.Dr.Dr.h.c. U. Joos -

**Eine klinische prospektive Studie zum Einfluß kephalometrischer Parameter
auf Nasalität und Nasalanz in einem gesunden Normkollektiv**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Beck, Matthias

aus Münster

2010

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-
Universität Münster

Dekan : Univ.-Prof. Dr. W. Schmitz

1. Berichterstatter : Univ.-Prof. Dr.med. Dr.med.dent. J. Kleinheinz

2. Berichterstatter : Priv.-Doz. Dr.med.dent. Th. Stamm

Tag der mündlichen Prüfung : 7.7.2010

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie
- Direktor: Univ.-Prof. Dr.med. Dr.med.dent. Dr.h.c. U. Joos -
Referent: Univ.-Prof. Dr.med. Dr.med.dent. J. Kleinheinz
Koreferent: Priv.-Doz. Dr.med.dent. Th. Stamm

ZUSAMMENFASSUNG

Eine klinische prospektive Studie zum Einfluß kephalometrischer Parameter auf Nasalität und Nasalanz in einem gesunden Normkollektiv

Matthias Beck

Der Einfluss skelettaler und weichgewebiger Strukturen des Gesichtsschädels auf Aspekte der Sprache im Rahmen von Resonanzstörungen wie dem Näseln ist derzeit unklar. Ziel dieser prospektiven Studie war es, kephalometrische Gesichtsschädelparameter als Einflussfaktoren auf die Sprache im Hinblick auf Nasalität und Nasalanz in einem gesunden Normkollektiv zu ermitteln und zu bewerten.

Bei gesunden Probanden wurden kephalometrische Variablen im Hart – und Weichgewebe des menschlichen Hals- und Kopfbereiches anhand von im Rahmen der Routinediagnostik angefertigten Fernröntgenseitenbildern vermessen. Die Nasalanzmessung zur Erfassung nasaler und nichtnasaler Sprachkomponenten erfolgte mittels eines an den Heidelberger Sprachtest angelehnten Testbogens mit dem NasalView®-System.

Bei den 103 in die Studie eingeschlossenen Probanden im Alter von 7 – 20 Jahren wurden keine signifikanten Differenzen bzw. Korrelationen bezüglich Nasalanzmesswerten einerseits und Geschlecht, Alter und Wachstumstyp andererseits festgestellt. Signifikante Korrelationen zur Nasalanz konnten im Bereich von radiologisch darstellbaren Bereichen von Schädelbasis, Nasopharynx, Adenoiden und Palatinum festgestellt werden.

Die durchgeführte multivariate lineare Regressionsanalyse zeigte insbesondere maxilläre Parameter wie Oberkieferlänge und -position, weichgewebige Messwerte im Bereich der Adenoide, nasopharyngeale Konfigurationswerte und skelettale Variablen des Gesichtsschädelaufbaus als mögliche Einflussfaktoren auf Nasalität und Nasalanz auf. Kephalemetrische Parameter sind in diesem Zusammenhang aber als Kofaktoren zu werten.

Tag der mündlichen Prüfung : 7.7.2010

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	- 1 -
1.1 Allgemeine Grundlagen von Sprache und Sprachentwicklung	- 1 -
1.2 Kopf – und Halsentwicklung	- 4 -
1.3 Nasalität	- 6 -
1.4 Nasalanze	- 7 -
1.5 Zielsetzung der Studie	- 8 -
1.6 Literaturüberblick bezüglich der Fragestellung	- 9 -
2. Material und Methoden	- 11 -
2.1 Probanden	- 11 -
2.2 Das NasalView®-Gerät	- 12 -
2.3 Der Sprachtest	- 15 -
2.3.1 Der Heidelberger Rhinophonie - Test	- 15 -
2.4 Das Röntgengerät	- 18 -
2.5 Auswertungssoftware für die FRS-Bilder	- 19 -
2.6 FRS – Analyse : Definition der kephalometrischen Variablen	- 20 -
2.7 Statistische Auswertung	- 30 -
2.7.1 Messfehlerbestimmung	- 30 -
2.7.2 Basisstatistik und Grundlagen	- 31 -

2.7.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede	- 32 -
2.7.4 Wachstumstyp-spezifische Analyse	- 32 -
2.7.5 Altersbedingte Zusammenhänge	- 33 -
2.7.6 Regressionsanalyse	- 34 -
3. Ergebnisteil	- 35 -
3.1 Darstellung der Studienteilnehmer	- 35 -
3.2 Deskriptive Statistik : Nasalanzmessung	- 38 -
3.2.1 Abkürzungsverzeichnis	- 38 -
3.3 Deskriptive Statistik : FRS – Analyse	- 40 -
3.4 Alter und Nasalanz	- 42 -
3.5 Geschlecht und Nasalanz	- 43 -
3.6 Kephalometrische Messpunkte und Nasalanz	- 43 -
3.6.1 Ergebnisse der Korrelationsanalyse	- 43 -
3.6.2 Ergebnisse der Regressionsanalyse	- 63 -
3.7 Wachstumstyp und Nasalanz	- 66 -
3.8 Messfehler	- 66 -
4. Diskussion	- 67 -
4.1. Messfehler und methodische Fehler	- 67 -
4.2 Geschlecht und Nasalanz	- 68 -

4.3 Alter und Nasalanze	- 69 -
4.4 Kephalometrische Daten und Nasalanze	- 69 -
4.5 Schlussfolgerungen und klinische Relevanz	- 78 -
5. Zusammenfassung	- 82 -
6. Literaturverzeichnis	- 84 -
7. Danksagung	- 89 -
Anhang	- 91 -

1. Einleitung

1.1 Allgemeine Grundlagen von Sprache und Sprachentwicklung

„Sprache ist eine ausschließlich dem Menschen eigene, nicht im Instinkt wurzelnde Methode zur Übermittlung von Gedanken, Gefühlen und Wünschen mittels eines Systems von frei geschaffenen Symbolen.“ [49]

„Atem ist bei Vollzug des Sprechens dafür zuständig, dass ein Wort hörbar wird, das wir eine Stimme hören.“ [72].

In den ersten Lebensjahren wird beim menschlichen Säugling der Kehlkopf (Larynx) abgesenkt. Nur wenige Tiere können den Kehlkopf absenken, wenige können die Stimme nachahmen (Papagei, Robbe, Delfin). Sprachen bei Tieren, beispielsweise die Bienensprache, aber auch die Lautsprachen bei Vögeln, Delfinen oder Primaten unterscheiden sich grundsätzlich von denen des Menschen. Während in den Signalsystemen der Tiere jeder Laut eine feste Bedeutung hat, ist die Sprache des Menschen doppelt (beziehungsweise dreifach) gegliedert. Das heißt, Menschen können aus bedeutungsunterscheidenden, selbst nichts bedeutenden Lauten (erste Gliederungsebene) bedeutungstragende Einheiten (Morpheme, Wortformen) bilden (zweite Gliederungsebene). Aus Wortformen können Wortgruppen (Phrasen) und Sätze aufgebaut werden (dritte Ebene) [49]. Wenn ein Tier zwanzig Laute bilden kann, so kann es zwanzig Signale ausdrücken. In der Sprache des Menschen gibt es dagegen unbegrenzte Kombinationsmöglichkeiten mit begrenzten Mitteln, so schon Wilhelm von Humboldt. Der Mensch kann verstehen oder äußern, was er zuvor nie gehört hat [21, 50]. Physikalisch kann man Sprache als Abfolge von Schallereignissen zusammenfassen, die regelmäßig strukturiert sind [74]. Alles Bedeutsame spielt sich in einem Bereich von 100 bis 3000 HZ bei einer zeitlichen Auflösung von 0,02s ab. Der Wahrnehmungsbereich des menschlichen Gehörs liegt zwischen 1.000 und 4.000 Hz [28, 72]. Die untere Grenze ist bei 16 Hz, die obere Grenze bei 20.000 Hz anzusiedeln. In Mitteleuropa sinkt die obere Grenze bei einem 70-jährigen Menschen auf 13.000 Hz [18].

Durch unterschiedliche Formen der Resonanzräume, die durch Zunge, Velum, Rachenhinterwand und Wangenmuskulatur verändert werden können, entstehen Luftströmungen, die an den Wänden der oberen Atemwege anstoßen. So werden bestimmte Frequenzen der Obertonreihe verstärkt oder gedämpft. Es entstehen Vokale und Konsonanten.

Ändert sich das Obertonmuster, so werden Vokale geformt. Die für die jeweiligen Vokale typischen Obertöne werden Formanten genannt. Beispielsweise hat in der deutschen Sprache der Vokal „a“ einen Hauptformaten bei 900 - 1100 Hz, „o“ bei 500 – 600 Hz und „u“ bei 300-500 Hz [14].

Konsonanten unterteilt man in Zischlaute, Plosionslaute und Nasallaute.

Zischlaute sind das niederfrequente „r“ und „l“, mittelfrequente Laute das stimmhafte „w“ oder das stimmlose „f“. Im höheren Frequenzbereich liegt das angeblasene „s“ oder das stimmhafte „j“.

Plosionslaute, die an der Lippe druckartig entstehen, werden in stimmlose und stimmhafte unterteilt. Stimmlos sind „p“, stimmlos dental beeinflusst „t“ und palatinal geprägt ist das „k“.

Stimmhaft gefärbt ist das labial geformte „b“, das dental bestimmte „d“ und das palatinal artikulierte „g“.

Bei nasalen Lauten wird unterschieden in das labial entstandene „m“ und das dental lokalisierte „n“ [14].

Sprache selbst kann man in Phoneme, Silben, Wörter und Sätze einteilen. Phoneme, die Sprachlaute, sind in 100 unterscheidbare Lauttypen zu gliedern. Einige Sprachlaute bilden Silben, die „...ihre Eigenständigkeit durch eine bestimmte Periodizität der Schallenergie beim Sprechen ...“ [18] gewinnen. Eine Silbe misst recht konstant 0,2 bis 0,25 Sekunden. Aus mehreren Silben entstehen Wörter, die meist Morpheme, bedeutungstragende Anteile der Sprache sind. Mehrere Wörter wiederum bilden einen Satz [14] und ganz viele Sätze zum Beispiel diesen Text.

Die Lautstärke selber ist vom subglottischen Druck abhängig. Leise Phonation bedeutet einen Druck von 3 cm Wassersäule, normale Sprechstimme 20 cm Wassersäule und Singen bis zu 50 cm Wassersäule [53].

Sprache endet aber nicht an der akustischen Umwandlung eines Schallsignals in ein moduliertes elektrisches Phänomen, das zerebral verarbeitet wird. „Jedes vernommene Wort muß ... interpretiert werden, um im Sinne des Sprechenden verstanden werden zu können.“ [49]. Dies bedingt zumindest eine Ahnung des Zuhörenden von der Umwelt des Sprechenden. Hierauf basiert auch das Verstehen einer fremden Sprache, wenn gleich auch die Interpretation komplexer ist. Führt man diesen Gedanken weiter, können sogar ethnologische Schlüsse gezogen werden [49].

Kinder müssen die Sprechfähigkeit und Sprache im Kontext erst erlernen. Mit allen kommunikativen Ausdruckserscheinungen, den organischen und motorischen Anteilen ist dieses ein mehrjähriger Prozess [14, 24, 60].

Bei allen Lebewesen geht der Informationsabgabe die Wahrnehmung, die Perzeption, voraus. Diese Perzeption ist in sieben Perzeptionssysteme einzuteilen :

Das vestibuläre System, das taktile System, das kinästhetische System, das akustisch-auditive System, das photorezeptorische System, das olfaktorische System und das gustatorische System [14]. Sinnesreize werden von Organen und Organsystemen empfangen und über Nerven und Nervenbahnen zum zentralen Nervensystem geleitet und dort verarbeitet [14].

Die Kommunikationsentwicklung selber unterteilt Clausnitzer [14] in acht Phasen :

Bis zur 12. Lebenswoche ist für alle Menschen gleich. Sie wird präverbale Etappe genannt. Bartels [53] führt hier Schreien und Gurren als Beispiel an. Daran schließt sich die Übergangsetappe an. Sie dauert bis zum 12. Lebensmonat und endet mit dem ersten gesprochenen Wort [14, 53].

Bis zum 36. Lebensmonat entwickelt sich die systematische verbale Sprache. Bartels erwähnt in diesem Lebensabschnitt den Erwerb der ersten 50 Wörter und den sprunghaften Anstieg des Wortschatzes ab dem 21. Lebensmonat. Nach Bartels [53] benutzt das Kind erste Nomen, zusätzlich erwirbt die kindliche Sprache Verben. Erste Wortfelder werden gebildet, die es aber über – oder untergeneralisiert benutzt.

Bis zum siebten Lebensjahr entwickelt ein Kind die bewußte Beherrschung der Sprache [14]. Phonologische Struktur-, Substitutions- und Assimilationsprozesse vollziehen sich nach Entdeckung der Bedeutung von Phonemen [53]. Fortschritte in der Benutzung von Numerus, Kasus, Tempus und Syntax nehmen zu.

Im Zeitraum des 7. bis zum 15. Lebensjahres erlernt ein Kind die Schriftsprache und verfeinert den verbalen Anteil an Kommunikation um Wortschatz und Ausdruck. Zudem prägen sich stimmliche, mimische, gestische und körperliche Kommunikationsebenen weiter aus [14].

Von Erwachsenen-Kommunikation wird ab der Pubertät gesprochen. Ein erwachsenes Kommunikationsverhalten tritt anstelle des Kindlichen.

Die Kommunikationsphase der vollen Leistungsfähigkeit eines Menschen endet mit dem 65. Lebensjahr. Daran schließt sich die Seneszenz mit dem Alterungsprozess an [14].

Die aktuelle Modellvorstellung von Sprachfunktion geht von „ ... synchronisierter Aktivität in einem ausgedehnten neuronalen Netzwerk im Kortex und den subkortikalen Kerngebieten ...“ aus [53]. Rezeptives Areal sind die Heschl-Gyri, perzeptive Areale der auditorische Assoziationskortex. Semantisch interpretiert wird das Gehörte im Gyrus angularis, syntaktisch interpretiert im Broca-Areal. Die Antwort wird u.a. vom Brocca Areal und dem motorischen

Kortex formuliert und über neuronale Verschaltungen bis hin zur Innervation des Zwerchfells durch den N. phrenicus entsteht Sprache und Sprechbewegung [6].

Entsprechend der Lehre nach Roux (deutscher Anatom um 1900) liegt eine wechselseitige Wirkung von Form und Funktion vor [14]. In Bezug auf das menschliche Gebiss hat eine Formveränderung des Gebisses die Funktionsänderung des orofazialen Systems zur Folge. Ein Diastema mediale oder ein frontoffener Biss kann zu Sigmatismus interdentalis führen.

Clausnitzer untersuchte 800 Dysgnathie- und 90 Eugnathie-Patienten mit einem Durchschnittsalter von 10 Jahren. Kinder mit Dysgnathien hatten statistisch signifikant häufiger Sigmatismus als eugnathe Kinder. Eine Beziehung zwischen Sprechfunktion und Gebissanomalien liegt also vor.

Desweiteren beobachtete Clausnitzer in einer weiteren Studie die Beziehung zwischen Schluckfunktion und Gebissanomalie. Der Vergleich von 358 dysgnathen Kindern mit 100 Eugnathen ergab, daß etwa 75 % der dysgnathen Probanden ein gestörtes Schluckmuster hatten.

Dies zeigt die Bedeutung von Kieferorthopädie und Logopädie für den Erwerb von Sprache.

1.2 Kopf – und Halsentwicklung

Nachfolgende eine kurze Zusammenfassung über die Entwicklung von Gesicht, Ober – und Unterkiefer, sowie Gaumen.

Der Schädel lässt sich in zwei Bereiche unterteilen: In das Neurokranium und in das Viscerokranium. Das Neurokranium besteht aus der Schädelbasis, die enchondral verknöchert, und den Deckknochen, die desmal verknöchern. Diese Deckknochen entwickeln sich direkt aus mesenchymalem Bindegewebe. Das Gewebe umschließt die Anlage des Gehirns [40].

Das spätere Gesicht, am kranialen Anteil des Neuralrohres lokalisiert, ist schon während der dritten Embryonalwoche als primitive Mundbucht, eingerahmt von Oberkieferwulst, Mandibularbögen und Hyalbogen, zu erkennen.

Mit der Umwandlung der Augenbläschen zu Augenbechern erhält der Kopf eine basale Verbreiterung. Oberhalb der Mundbucht verdickt sich das Epithel und wird als Nasenplakode beschrieben. Im Stadium 15 nach Hinrichsen, der vierten Woche in der Embryogenese [31], ändert sich die Form des etwa 10 mm langen Embryos : Das Vorderhirnbläschen dominiert in

der Seitenansicht. Der Mandibularbogen verläuft auf Höhe der Mundspalte, der Rand des Hyalbogens liegt etwas kaudal.

Am vorderen Pol der Stirnwölbung ist eine Vertiefung sichtbar, der Nasenwulst teilt sich in einen medialen und einen lateralen Anteil. Der mediale geht in die Nasengrube über. Der laterale grenzt an die Tränen-Nasenrinne. Der obere Rand des Oberkieferwulstes bildet den Basiswulst des dreiseitigen Nasenfeldes. Diese drei Elemente sind über epitheliale Zellbrücken miteinander verbunden und werden seit 1891 nach Hochstetter benannt. Die Hochstetter-Epithelmauer löst sich später auf und wird bindegewebig ersetzt.

Mit der Massenzunahme der Gesichtswülste verändert sich die Nasengrube zum Nasengang. Er reicht von der äußeren Nasenöffnung bis zu den geschlossenen primären Choanen. In der Mitte des Ganges liegt der Anfangsteil des Nasenseptum. Nach Auflösung der Hochstetter-Epithelmauer bildet sich aus dem Bindegewebe des Oberkieferwulstes das Philtrum (Frazer 1931, zitiert nach [31]). Der Unterrand des Nasenloches und Nasengangs wird durch Überbrückung von Oberkieferwulst und medialen Nasenwulst gebildet. Zwischen den beiden Wülsten ist eine schräg nach hinten verlaufende Rinne erkennbar, von der aus in der 18. Embryonalwoche links und rechts die sekundären Gaumenwülste liegen. Mit fortschreitender Entwicklung wachsen die Wülste zueinander und verschmelzen, die Epithelmauer verstreicht im vorderen Bereich. Somit sind die Nasengänge von der Mundhöhle getrennt. Hochstetter spricht von einem primären Gaumen. Ab der 6. Embryonalwoche sind unter der Nasenöffnung Philtrum und Oberlippe zu beschreiben. Der Boden des primären Nasengangs besteht aus Oberkieferwulst und medialem Nasenwulst.

Die sekundären Gaumenwülste richten sich innerhalb eines Tages (Pourtois 1972, zitiert nach [31]) auf und verbinden sich von rostral nach dorsal. Wichtig ist dabei die Fähigkeit des Gewebes schnell aufzuquellen (Knudsen et al. 1985, zitiert nach [31]). Der hintere Rand des Nasenseptums legt sich dann dieser Gaumennaht an.

Zu beachten ist das starke Längenwachstum des Kopfes, speziell der Schädelbasis [29]. Über Faserzüge stehen Gaumenfortsätze und Schädelbasis in Verbindung. Dementsprechend kann Zug auf den Gaumen ausgeübt werden. Der sekundäre Gaumen verschließt sich in der 7. – 8-Embryonalwoche von ventral nach dorsal. Die Verwachsungszone, an der zahlreiche Stoffwechselprozesse stattfinden, wird Fusionszone genannt [31].

Das Pharyngealskelett entwickelt sich aus den beiden oberen Knorpelspangen und legt sich der Schädelbasis von unten an.

Der paarige Meckel-Knorpel, der Erste, bildet mit dem Amboß und der Kapsel des Ohres das primäre Kiefergelenk. Seine Enden verbinden sich nicht. Dagegen verbindet sich die paarige

Mandibula bis zur Geburt des Kindes. Der Meckelknorpel wird von der Mandibula als bindegewebiger Deckknochen umhüllt. In Hyperplastischen Zonen von Processus condylaris und coronoideus kommt es zu Ossifikationen.

Der zweite Knorpel, der Reichert-Knorpel, bildet die Stapes des Ohres und den Processus styloideus, sowie Cornu minus des Os hyoideum [31, 40].

Die Schädelbasis ist als zusammengeschlossene Struktur in der 6. Embryonalwoche zu sehen (Müller und O’Rahilly 1980, zitiert nach [44]). Die Nasenkapsel, die Keilbeinanlage und Fortsätzenanlagen können unterschieden werden. Chordal der Hypophyse umschließt das Os occipitale den Hirnstamm noch nicht komplett. Platz in Form von Lücken für Äste des N. trigeminus , die A. carotis interna und weitere in den Schädel ein – oder austretende Strukturen sind vorhanden. In der 8. Embryonalwoche, beginnend mit dem Os occipitale, setzt die zum Teil mehrere Zentren betreffende Ossifikation ein. Bedeutend für das oben genannte Längenwachstum ist die Knorpelfuge zwischen Keilbein und Hinterhauptsbein, genannt Synchrondrosis sphenoccipitalis. Sie persistiert bis zum 18. Lebensjahr [37].

1.3 Nasalität

„ Mit Nasalität ist etwas normales gekennzeichnet, nämlich ein nasaler Beiklang, der ästhetisch befriedigt - oder zumindest nicht verletzt - die Tragfähigkeit der Stimme erhöht und manchmal im Rahmen künstlerischer Stimmbildung bewusst angestrebt wird. Auch bei einigen Dialekten tritt er hervor “ [67].

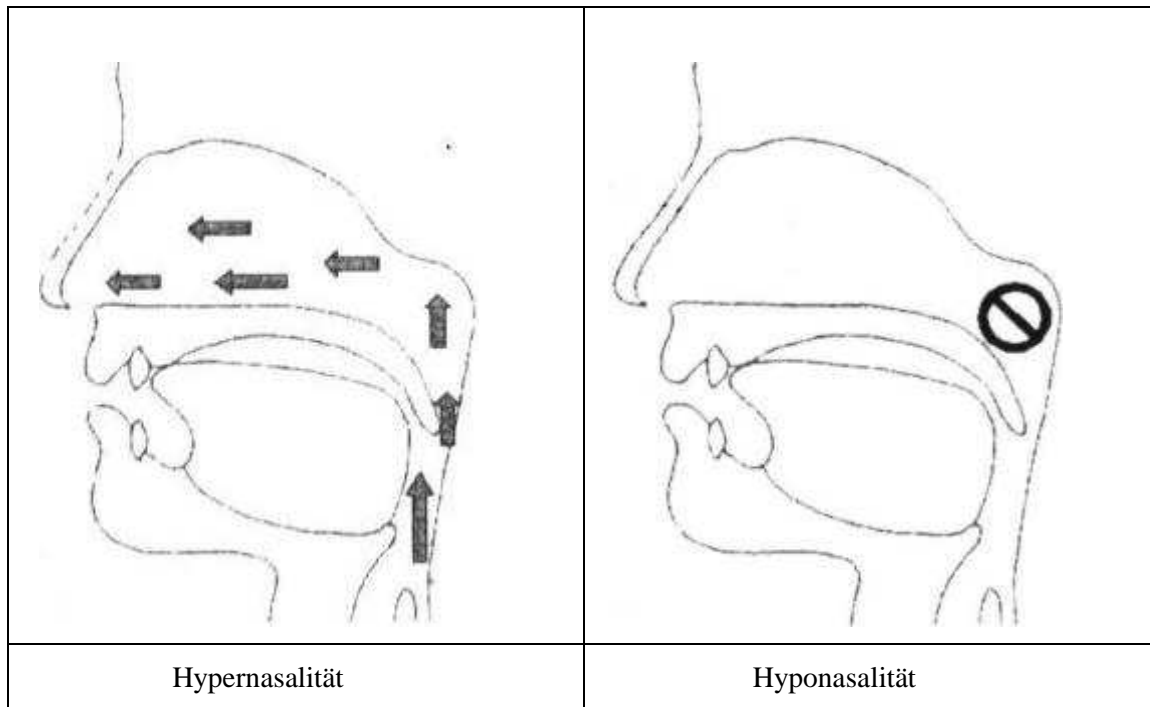
Nasalität beschreibt den Klang von Sprache. Beim Sprechen streicht Luft durch den Larynx, über die Stimmbänder und entwickelt bedingt durch Spannung der Stimmbänder und der Resonanzräume im Schädel ihren eigenen, für den Sprechenden so typischen Klang.

Die Luft kann in unterschiedlichen Anteilen über den Mund – oder den Nasenrachenraum entweichen. Teils geschieht dieses physiologischer Weise bei nasalen Lauten vermehrt durch die Nase, bei oralen Lauten vermehrt durch den Mund. Ist diese Trennung durch langfristige oder kurzfristige pathologische Veränderungen gestört, klingt die Sprache irregulär.

Dringt mehr Luft durch die Nase bzw. wird mehr „durch die Nase gesprochen“, nennt man dieses Hypernasalität. Ist der nasale Weg verlegt oder durch Schwellungen eingengt, dominiert

der orale Anteil von Sprache. Es dringt weniger Luft durch die Nase. Man spricht von Hyponasalität [66, 67].

Die nachfolgende Skizze nach [70] veranschaulicht die unterschiedlichen Luftwege :



1.4 Nasalanze

Unter Nasalanze versteht man eine von Fletcher [26] erarbeitete mathematische Formel, mit deren Hilfe der durch die Nase gesprochene Anteil der Aussprache berechnet werden kann. Beim Sprechen entstehen Schalldrücke, die sich auf Mund und Nase unterschiedlich verteilen. Mittels zweier Mikrofone, die gleichzeitig oral und nasal aufnehmen können - räumlich durch eine Platte getrennt - werden gesprochene Buchstaben, Worte und Sätze objektiv messbar. Das nasale Schallsignal wird dividiert durch die Summe des nasalen und oralen Gesamtschallsignals, multipliziert mit 100 %. Das Ergebnis dieser Formel gibt die Nasalanze in Prozent an [27, 26]:

$$\text{Nasalanze [\%]} = \frac{\text{nasales Schallsignal}}{(\text{nasales} + \text{orales Schallsignal})} \times 100 \%$$

1.5 Zielsetzung der Studie

Ziel dieser prospektiven klinischen Studie ist es, kephalometrische Parameter als mögliche Einflussfaktoren auf Nasalität und Nasalanz an einem gesunden Patientenkollektiv zu ermitteln, im Hinblick auf ihre klinische Relevanz zu testen und zu bewerten sowie die Daten dieses Kollektives als Vergleich zu Patienten mit Erkrankungen des orofacialen Systems nutzen zu können.

Als Messinstrument zur Nasalanzbestimmung sollte das NasalView®-System eingesetzt werden, das in der Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie schon zur Nasalanzmessung bei Patienten mit Erkrankungen des Mund-Kiefer-Gesichtsbereiches eingesetzt wurde und wird, so z.B. im Rahmen der Diagnostik bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Somit sollte eine ideale Voraussetzung für eine zukünftige Orientierung an den Ergebnissen dieser Studie ermöglicht werden.

Dabei stellen sich hinsichtlich der Thematik „Nasalanz, Gesichtsschädelaufbau und Kephalexometrie“ folgende Fragen :

- Wie hängen knöcherne Strukturen des Schädels, der Schädelbasis, der Maxilla und Mandibula, der Wachstumstyp sowie der velo- und nasopharyngeale Bereich inklusive weichgewebiger Strukturen mit Nasalität / Nasalanz zusammen ?
- Hat das Geschlecht einen Einfluß auf die Lautbildung, so dass mögliche Einflussfaktoren geschlechtsspezifisch getrennt zu analysieren sind ?
- Wie beeinflusst das Alter eines Patienten die Sprache / die Nasalanz ? Sind altersadjustierte Berechnungen und Analysen notwendig ?
- Hat der Wachstumstyp eine Bedeutung für die Nasalanz ? Ergeben sich Differenzen zwischen verschiedenen Gesichtsschädelkonfigurationen im Hinblick auf die Nasalität der Sprache ?
- Welche klinische und ggf. vielleicht sogar therapeutische Konsequenz ergibt sich aus gefundenen Zusammenhängen und Einflussfaktoren ?

1.6 Literaturüberblick bezüglich der Fragestellung

Die Datenlage zu Nasalanze, radiologisch darstellbaren Strukturen, Geschlecht, Alter und Wachstumstyp für ein großes, gesundes, junges Normkollektiv ist noch nicht vollständig erforscht.

Die Nasalanzmessung mit Systemen wie dem NasalView® oder dem Nasometer® als solche ist durch zahlreiche Studien als effizientes objektives diagnostisches Verfahren zur Beurteilung sprechsprachlicher Resonanzstörungen gut evaluiert und validiert [7, 9, 11].

Küttner [36] et al. untersuchte 50 Kinder im Alter von 11- 20 Jahren mit dem NasalView® und verglich sie mit dem auditiven Eindruck, um Normwerte für Nasalanze in der deutschen Hochlautung zu ermitteln. Dabei verwendete er ein eigenes Testmaterial mit u.a. Lesetexten. Auf mögliche Einflussfaktoren aus dem Gesichtsschädelbereich ging er in seiner Studie nicht ein.

Müller et al. [41] untersuchte im sächsischen Sprachraum 51 auditiv normale, gesunde Testpersonen mittels Nasometer® und eigenen Text-Testitems sowie dem Heidelberger-Rhinophonie-Testbogen. Seine Ergebnisse wiesen höhere Nasalanze-Werte für gemischte Texte und niedrigere für einzelne Vokale und von nasalen Konsonanten befreite Sätze auf. Er forderte die einheitliche Benutzung eines Sprachtestes um weitere vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Wermker [70] untersuchte mittels NasalView® und perzeptiver Hypernasalitätsdiagnostik durch eine Logopädin 95 Spaltpatienten im Alterdurchschnitt von 9,25 Jahren auf die Nasalanze-Einflußfaktoren von Geschlecht, Alter, Spalttyp, objektiver und subjektiver Nasalitätsdiagnostik, Therapiekonzept und Velopharyngoplastik. Bei Spaltpatienten wurden zwischen Nasalität und Geschlecht, Alter oder Spalttyp keine statistische Signifikanz gefunden. Die durch das NasalView® objektivierbare Hypernasalitätsdiagnostik kann die subjektive, auditive Diagnostik durch eine erfahrene Logopädin „unterstützen, objektivieren und vergleichbar machen“ [70]. Das Spaltkonzept nach Prof. Joos zeigt signifikant bessere Ergebnisse in der Veränderung von Nasalanze und Nasalität auf als andere Konzepte.

Einige Studien weisen auf Zusammenhänge zwischen dem Gesichtsschädelaufbau und der Sprache gerade bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten hin.

Müssig und Pröschel [42] haben 59 Spaltpatienten mit einem Durchschnittsalter von 17,6 Jahren auf die Qualität des velopharyngealen Abschluss im Zusammenhang mit der

Gesichtsmorphologie von Spaltpatienten hin untersucht. Nasopharyngoskopische Verschlussmuster wurden bei der „K“-Lautbildung beobachtet und mit kephalometrischen Daten in Verbindung gebracht. Für die Velopharynxfunktion ermittelten sie den Schädelbasiswinkel und die Neigung der Oberkieferbasis als potentielle Einflussfaktoren. Bei dolichocephalem Schädelaufbau lagen demnach für den Verschluss im Velopharynx schlechtere Bedingungen vor, die die Sprechfunktion beeinflussen. Daraus ergibt sich eine empfehlenswerte nasopharyngoskopische Voruntersuchung zur Abklärung des nasopharyngealen Verschlussmuster vor operativen Eingriffen.

Stellzig und Komposch [58] untersuchten 44 Spaltpatienten in einem Durchschnittsalter von 12,6 Jahren auf den Zusammenhang von Hyperrhinophonie und Gesichtsschädelaufbau mittels Nasometer ® und FRS-Bildanalyse. Ergebnis war, dass ein deutlich kürzeres Velum bei näselnden Spaltträgern vorliegt. Bei nicht näselnden Probanden ist der SNA-Winkel kleiner und die Oberkieferbasis mehr retroinkliniert. Daraus wird der Schluss gezogen, dass ein geschwenkter, mehr sagittal eingebauter Kiefer eine Konsequenz für Sprache hat. Durch Anterotation des Oberkiefers mit kieferorthopädischen Geräten könnte dies therapiert werden. Primär sei ein möglichst langes Gaumensegel das therapeutische Ziel.

Stellzig-Eisenhauer [57] untersuchte den Zusammenhang von Gesichtsschädel-Morphologie, Wachstumsveränderungen und Sprechklang bei Spaltpatienten anhand von 137 Probanden, deren Fernröntgenseitenaufnahmen, Nasometer®-Ergebnisse und genormte Sprachtests ausgewertet wurden. Zwischen radiologisch darstellbaren Parametern des Schädels und der Sprechqualität beschreibt sie deutliche Zusammenhänge, stellt die Bedeutung der Einteilung in Altersgruppen hervor, und betont Zusammenhänge zwischen Gesichtsschädelwachstum und Sprache bei Spaltpatienten während der Pubertät.

Dunaj [23] forschte nach Zusammenhängen zwischen Nasalität, Konfiguration des velopharyngealen Verschlusses, adenoiden Strukturen und kephalometrischen Parametern anhand der Daten von 53 gesunden Personen mit einem Durchschnittsalter von 27 Jahren. Die mit dem Nasometer® gemessenen Testitems des Heidelberger Rhinophonie-Testbogens zeigten bezüglich der Vokale unterschiedliche Signifikanzen. Skelettale Parameter zeigten nur bei univariater Auswertung der Vokale geringe Korrelationen, bei multivariater Auswertung konnte kein sinnvolles Regressionsmodell erstellt werden. Der velopharyngeale Verschluss sei unter gewissen anatomischen Konstellationen von kompensatorischen Strukturen kaum beeinflusst.

2. Material und Methoden

2.1 Probanden

Die Bestimmung der für Sprache relevanten kephalometrischen Messpunkte erfordert das Vorhandensein von Röntgenbildern des Kopfes und der angrenzenden Strukturen.

Auf den Fernröntgenseitenbildern von Patienten der Kieferorthopädie sind diese Strukturen weitgehend zu erkennen. Dank eines Eichstrichs auf den Röntgenbildern sind Strecken und Flächen auf den Bildern skalierbar und so miteinander zu vergleichen. Diese Röntgenbilder durften zum Testzeitpunkt nicht älter als 1,5 Jahre alt sein.

Die Probanden dieser Studie sollten zum Zeitpunkt der Fernröntgenseitenaufnahme mindestens 6 Jahre alt sein. Bei minderjährigen Patienten war eine schriftliche Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten neben der Compliance der Kinder erforderlich.

Die Teilnehmer des Sprachtests mussten im weitesten Sinne gesund sein d.h. Menschen mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, syndromalen Erkrankungen oder anderen anatomischen Fehlbildungen, Erkrankungen der oberen Atemwege, Zustand nach Operationen von Ober- oder Unterkiefer, pädiatrischen, neurologischen und internistisch relevanten Erkrankungen schieden aus. Die Probanden kamen aus dem westfälischen Sprachraum und sprachen ein weitestgehend akzentfreies Hochdeutsch.

Diese Informationen wurden in einem Patientenfragebogen verzeichnet, der im Gespräch mit den Erziehungsberechtigten ausgefüllt wurde. Ein Muster dieses Fragenbogens befindet sich im Anhang auf Seite I – III.

2.2 Das NasalView®-Gerät



Dieses Bild stammt von der Herstellerfirma.
Mit freundlicher Genehmigung von Sarah Lin

PO Box 75063
Seattle, WA 98175
(206) 4995757
www.drspeech.com

Zur objektiven Nasalanzmessung diente das NasalView®-Gerät von NasalView®-Systems (Tiger Electronics, Seattle, USA) der Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Münster in Westfalen. Dieses Gerät wird zur objektiven, reproduzierbaren Nasalanzmessung von Patienten mit Lippenkiefergaumenspalten prae – und postoperativ, sowie zu Studienzwecken von Ärzten und Doktoranden in Kooperation mit der Abteilung der Logopädie genutzt und hat sich als geeignetes, „problemloses und zuverlässiges Messinstrument“ [36] mit hoher Sensitivität und Spezifität erwiesen [4, 9, 69, 70].

Im Gebrauch zeigte sich nach Wiederholung der Messung im Rahmen eines Test-Retest-Fehlers eine Abweichung unter 2 % [3], eine Sensitivität von 74 – 91,1 % und eine Spezifität von 73 – 88,5 %, abhängig vom Ausprägungsgrad der Nasalität [10]. Bei Patienten mit Rhinophonia aperta nach Vrticka [65] waren die Sensitivität und Spezifität entsprechend geringer, bei regulärer Schalldruckverteilung waren sie höher.

Das Gerät selber besteht aus einem rechteckigen Kästchen mit zwei Mikrofon-Buchsen und einem Verstärker. Es wird mit einer rauschfreien Energiequelle, einem 9 Volt-Block betrieben. Zwei Mikrofone, getrennt voneinander durch eine desinfizierbare Dämmplatte, können – vom aufrecht sitzenden Probanden zwanglos zwischen Oberlippe und Nase bei leichtem Hautkontakt waagrecht gehalten – separat die nasalen und oralen Anteile von Sprache aufnehmen. Alternativ könnten die Mikrofone mittels einem dem kiefer-orthopädischen Headgear ähnlichen Haltegerät am Kopf fixiert werden. Dieses stößt aber eher auf geringe Compliance und wurde daher nicht benutzt. Laut Hersteller sind beide Verfahren gleichwertig [4].



Abb. 1 : Die Hardware besteht aus einem Verstärker und Mikrofon

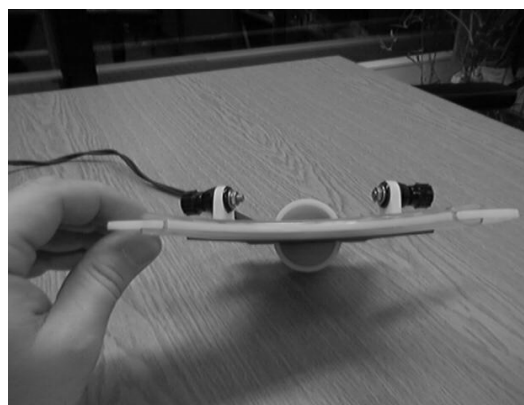
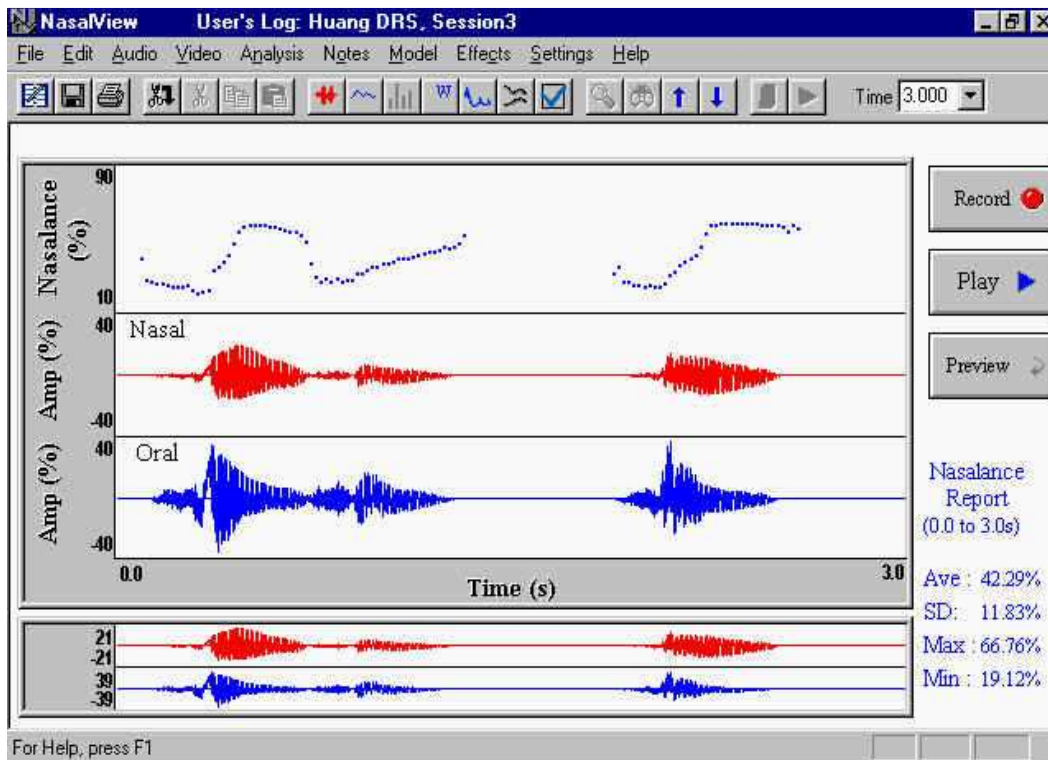


Abb. 2 : Deutlich ist die Trennung beider Mikrofone zu sehen

Die von den Mikrofonen aufgenommenen Schalldrücke werden in ein A/D-Signal umgewandelt und per Kabel in die Line-In-Buchse einer regulären Soundkarte eines Laptops eingespeist. In dieser Studie war es die Soundkarte Creative Sound Blaster PCI128 von CreativeLabs mit einer Frequenzbandbreite von 30 – 20.000 Hz, einer Abtastfrequenz von 5 kHz - 48 kHz und einer Datenbreite von 16-Bit.

Die installierte Software „Dr. Speech“ von Tiger Electronics® wandelt die digitalisierten Daten in messbare Graphen um, die Oszillogramme nach Zeit und Amplitude der Schalldruckwelle als Nasalanalysen, nasalen und oralen Anteil in Prozent auf dem Monitor darstellen. Unter den Gesichtspunkten des Sprachtestes können die Sprachstimuli auf eine zehntel Sekunde genau geschnitten und ausgewertet werden.



Dieses Bild stammt von der Herstellerfirma. Mit freundlicher Genehmigung von

Sarah Lin

PO Box 75063

Seattle, WA 98175

(206) 4995757

www.drspeech.com

Das Bild oben zeigt eine typische Situation während der Nasalanzmessung. Der oberste, gepunktete Graph zeigt den laufenden Nasalanzwert, errechnet aus der Amplitude der Aufnahme durch das unter der Nase positionierte Mikrofon. Dies ist der zweite Graph, der im Bild „Nasal“ benannt wurde. Die Aufnahme des Mundmikrofons „Oral“ ist an der dritten Linie zu erkennen. Die dargestellte Aufnahme dauerte fast drei Sekunden. Die Zeit ist von der Abszisse „Time“ abzulesen. Das separate, untere Kästchen zeigt die Nasalanzübersicht der Gesamtaufnahme. Rechts außen wird der Nasalanzreport angezeigt.

Die Beispielaufnahme hätte einen Mittelwert Ave. (Average) von 42,29 %, eine Standardabweichung SD (standard deviation) von 11,83 %, einen maximalen Nasalanzwert von 66,76 % und eine minimale Nasalanz von 19,12 %.

Am Ende der Messung werden der Nasalanz- Mittelwert (Ave), die Standardabweichung (SD), minimale, maximale und mediane Nasalanz am Bildschirmrand angegeben.

Vor jeder Messung wurde das Messgerät gemäß den Herstellerangaben mittels Eichton von TigerSoft® kalibriert. Die Messung selbst erfolgte in einem ruhigen Raum bei dem Patienten abgewandten Monitor. Die Signalauflösung betrug 16 bit mit einer 22.050 Hz Samplingrate. Den Probanden war der Sprachtest unbekannt. Bei Geschwistern wurden diese - ohne die Möglichkeit des Informationsaustausches untereinander – nacheinander getestet.

Das Nasometer® von Kay Elemetrics Corporation, New Jersey / USA kann auch als Diagnostikinstrument genutzt werden (Alternativsystem). Die Messergebnisse sind aber nicht mit dem Nasal View® vergleichbar. In einer Studie von Bressmann et al. zum Vergleich unterschiedlicher Nasalanzmessinstrumente [11] ergab die Messung desselben Probandenkollektivs mit Nasal View®, Nasometer® und OroNasalSystem® unterschiedliche Nasalance Scores. Das Nasometer® mißt nur das Frequenzspektrum um 500 Hz, das Nasal View® dagegen das gesamte Frequenzspektrum, so Küttner [36].

2.3 Der Sprachtest

2.3.1 Der Heidelberger Rhinophonie - Test

Der Heidelberger Rhinophoniebogen hat sich, auch in gekürzter Version [8, 36, 70] als geeignetes Instrument zur Messung hochdeutscher Sprachlaute etabliert. In der Studie „Objektive Diagnostik von Hypernasalität bei LKGS-Patienten mit dem NasalView®-System“ von Wermker 2005 wurde ein modifizierter Sprachbogen an 95 LKG- Patienten benutzt.

Um eine Vergleichbarkeit dieser Studie mit einem vergleichbaren Patientengut ohne LKG-Spalten zu erhalten, wurde der Münsteraner Bogen nicht weiter verändert.

Ein möglicher Unterschied bestand in einer vollständigen Testung über alle Items oder ein Screening. Der Geduld der 103 Kiefer-gesunden Probanden ist es zu verdanken, daß der Sprachtest ausführlich aufgenommen und mittels NasalView® ausgewertet werden konnten.

Hier nun im Einzelnen die Testitems. Die Messwerte wurden in % angegeben.

II.a.1. Vokale :

Nr	Vokal
V1	a
V2	e
V3	i
V4	o
V5	u

II.a.2. Konsonaten :

NR	Konsonant
K1	p
K2	t
K3	k
K4	sch

II.a.3. Wörter :

Nr	Wörter
W 1	Ampel
W 2	Lampe
W 3	Papagei
W 4	Teetasse
W 5	Kakao
W 6	Keks
W 7	Schoko
W 8	Gut
W 9	Zug

II.a.4. Sätze :

NR	SATZ	
	<u>nichtnasale Sätze</u>	
NNS 1	Satz 1	Der Peter spielt auf der Straße
NNS 2	Satz 2	Der Peter trinkt die Tasse Kakao
NNS 3	Satz 3	Das Pferd steht auf der Weide
NNS 4	Satz 4	Fritz geht zur Schule
NNS 5	Satz 5	Die Schokolade ist sehr lecker
NNS 6	Satz 6	Der Affe fährt Fahrrad
NNS7	Satz 7	Die Klara hält die Tasse Kaffee
	<u>nasale Sätze</u>	
NS 8	Satz 8	Nenne meine Mama Mimi
NS 9	Satz 9	Mama und Nina naschen Marmelade
NS 10	Satz 10	Meine Mama trinkt Milch
NS 11	Satz 11	Neun Nonnen nennen nie einen Namen
NS 12	Satz 12	Meine Mama macht Marmelade
	<u>berechnete Werte</u>	
NRATIO	nasalance ratio	Quotient Satz 1/ Satz 8
NDIST	nasalance distance	Differenz Satz 8 – Satz 1

Bressmann et al. [8] empfehlen die Berechnungen „ Nasalance Ratio “ und „Nasalance Distance“ zur besseren Vergleichbarkeit der individuellen Spanne unter den gesprochenen Testitems. Theoretischer Hintergrund ist, dass es sich bei Nasalität bzw. pathologischen Resonanzstörungen um eine (Im-) Balance von nasalen zu oralen Sprachanteilen handelt. Die „Nasalance Distance“ ist als die Differenz von der maximalen Nasalanz bis zur minimalen Nasalanz definiert, die „Nasalance Ratio“ ist der Quotient von minimaler zu maximaler Nasalanz [69].

2.4 Das Röntgengerät

Die in dieser Studie analysierten Röntgenaufnahmen entstanden in der Röntgenabteilung der Zahnklinik des Universitätsklinikums Münster. Das Aufnahmegerät ist von der Firma Siemens, Typ Siemens dental Typ Bi 150/40/102 RL-100, der Generator ist ein Polydorus LX 50 Hochspannungsgenerator.



Abb. 3 : Blick auf den Filmhalter



Abb. 4 : Blick auf den Eichbalken

In einem Abstand von 3,20 m entstehen Röntgenaufnahmen mit einem Vergrößerungsfaktor von ca. 1 %. Die Belichtungsparameter von 77 kv bei 16-22 mAs werden standardmäßig bei FRS-Bildern angewandt. Dazu wurde ein im Haus entwickelter Weichteil-Profilfilter aus Kupfer nach Dr. Techovarich benutzt, der die Erkennbarkeit fazialer Weichteilpunkte erheblich verbessert.

In Kombination mit einer 400er Verstärkerfolie Kodak Lanex wird der Röntgenfilm Tmat G, Kodak orthochrom regulär belichtet. Der Film zeichnet sich durch hohen Kontrast und höchste Detailerkennbarkeit aus und ist speziell für extraorale Aufnahmen geeignet. Er kann in Hand- und Maschinenentwicklung verarbeitet werden. Die verwendete Entwicklermaschine Kodak X-Omat 480 RS Prozessor arbeitete pro Film 90 Sekunden bei 35 Grad Celsius.

2.5 Auswertungssoftware für die FRS-Bilder

Die FRS-Bilder wurden computergestützt ausgewertet. Es wurde folgende Software genutzt : ScionImage®, basierend auf NIH Image für MacIntosh von Wayne Rasband / National Institute of Health (USA) [51] und Onyx Ceph® [43]. Entwickler und Hersteller der Kephalmetrie-Software Onyx Ceph® ist das Unternehmen Image Instruments GmbH mit Sitz in Chemnitz, Deutschland, Annaberger Straße 240.

Die FRS-Bilder der Probanden wurden mit einem handelsüblichen Durchlichtscanner mit einer Auflösung von 400 dpi eingelesen und über das hausinterne Netz zu einem PC mit der Onyx ceph®-Software geschickt. Dort erfolgte die Skalierung der Bilder und eine eventuelle optische Nachbearbeitung der Röntgenbilder mit üblichen Bildbearbeitungsoptionen desselben Programms, die aber keine Maßstabsveränderung zur Folge hatten.

Das Messergebnis wurde über Excel von Microsoft Office® und SPSS® [55] weiter ausgewertet.

2.6 FRS – Analyse : Definition der kephalometrischen Variablen

Die folgende Messpunkte und Skizzen entstammen – mit seiner freundlichen Genehmigung - in Anlehnung an die Studie von Wermker [71].

2.6.1 XX-Punktanalyse nach Prof. Ehmer

Ziffer	Bezeichnung	Definition
I	Fazialachse	Winkel nach dorsal gemessen zwischen Ba-N und Pt-Gnk
II	Gesichtstiefe	Winkel nach dorsal gemessen zwischen FH (P – Or) und N - Po
III	Mandibularplanumwinkel	Mandibularplanumwinkel, Winkel nach ventral gemessen zwischen FH und MP (hT- Me)
IV	Innerer Gonionwinkel	Winkel nach vorne gemessen zwischen Ramus-Achse (DC-Xi) und Corpusachse (Xi-Pm)
V	Relative Mandibularlänge	Linearer Wert zwischen Co und Po
VI	Maxillaposition	Winkel nach dorsal gemessen zwischen Ba-N und N-A
VII	Palatinalplanum	Winkel nach vorne gemessen zwischen FH und PP
VIII	Relative Maxillarlänge	Linearer Wert zwischen Co-A
IX	Untere Gesichtshöhe	nach ventral offener Winkel zwischen Spa-Xi und Xi-Pm
X	Konvexität von Punkt A	Linearer Wert zwischen A und N-Po
XI	Relative maxilläre Länge zur relativen	Errechnet aus dem Verhältnis Co-A zu Co-Po

	mandibulären Länge	
XII	Position der unteren Schneidezahn-kante	Abstand Schneidezahnkante senkrecht zur Ebene A-Po, gemessen am ventralsten Zahn
XIII	Inklination des unteren Incisivus	Winkel zwischen Zahnachse des unteren 1er und A-Po; nach caudal gemessen
XIV	Position der oberen Schneidezahn-kante	Abstand der Incisalkante des oberen 1'er, senkrecht zur A-Po-Ebene gemessen
XV	Inklination des oberen Incisivus	Winkel zwischen Zahnachse des oberen 1er und A-Po nach kaudal gemessen
XVI	Interinzisalwinkel	Winkel zwischen XV und XIII nach ventral gemessen
XVII	Vertikale Molarendistanz	Senkrechter Abstand des mesialen Wurzelapex des oberen ersten Molaren von PP
XVIII	Sagittale Molarendistanz	Abstand zwischen dem distalen Kontaktpunkt des oberen ersten Molaren und der Pterygoidvertikalen
XIX	Unterlippe zur Esthetic-Line	Linie von Apex nasi zu Pogonion molle
XX	Oberlippenneigung	nach dorsal gemessener Winkel zwischen der Geraden von Oberlippe und Subnasale mit der FH

2.6.2 Ergänzungen : Schwerpunkt naso- und velopharyngealer Bereich

2.6.2.1 zusätzliche Bezugspunkte

Mandibula :

Ar	Artikulare	Schnittpunkt zwischen dem Röntgenshatten des hinteren Randes des Ramus ascendens des Unterkiefers und dem äußeren Rand der Schädelbasis
Rt	Ramustangenten-Punkt	der am weitesten dorsal gelegene Punkt des Ramus ascendens des Unterkiefers im Bereich des Kieferwinkels
B	Supramentale / B-Punkt	Scheitelpunkt der Krümmung des Unterkieferalveolarfortsatzes
RGN	Retrognathion	der posteriorste Punkt der knöchernen Unterkiefer-Symphyse (Spina mentalis)
Go	Gonion, konstr.	konstruierter Schnittpunkt der Tangente an den UK-Körper (Mandibularplanum durch Me und hT) und der hinteren Ramuslinie (durch Ar und Rt)

Halswirbelsäule :

AA	arcus anterior atlantis	der ventralste Punkt des arcus anterior atlantis (1. Halswirbel, vertebra cervicalis 1)
C3	Vertebra cervicalis 3	ventro-kaudalste Punkt des 3. Halswirbelkörpers

Nasopharynx und Velum :

Ho	Hormion	dorsalster Schnittpunkt des Vomer mit dem Os sphenoidale
Ho1		konstruierter Hilfspunkt : Lot von Ho auf die Strecke Ba-Spp
Ho2		konstruierter Hilfspunkt : korrespondierender Punkt von Hormion auf der kaudalen Seite der Strecke Ba-Spp, konstruiert durch lotrechte Spiegelung von Ho an der Strecke Ba-Spp
ad1	Adenoide 1	konstruierter Schnittpunkt der Strecke Ba-Spp mit der hinteren Pharynxwand
ad2	Adenoide 2	konstruierter Schnittpunkt der Strecke Spp-Ho mit der hinteren Pharynxwand
ad3	Adenoide 3	konstruierter Schnittpunkt der Strecke Ba-Ho2 mit der hinteren Pharynxwand
ad4	Adenoide 4	konstruierter Schnittpunkt der nach posterior verlängerten Strecke Spa-Spp (Palatinalplanum) mit der hinteren Pharynxwand
U	Uvula	kaudale Spitze des weichen Gaumens (Uvula)

Region : Hyoid / Pharynx :

H	Hyoid	der ventro-kranialste Punkt des Zungenbeinkörpers
H2		konstruierter Hilfspunkt : Lot von H auf die Strecke C3-RGN
HMP		Abstand des Hyoids zum Mandibularplanum (hT-Me), Strecke H-Hmp
HPP		Abstand des Hyoids zum Palatinalplanum (Spa-Spp), Strecke
HHWS		Abstand des Hyoids zur Halswirbelsäule (AA-C3), Strecke

aAw	anterior Airway	konstruierter Schnittpunkt der nach posterior verlängerter Strecke B-Go mit der hinteren Zungenkontur (= vordere Begrenzung des Pharynx in Höhe des Zungenrückens / Zungengrundes)
pAw	Posterior Airway	konstruierter Schnittpunkt der nach posterior verlängerter Strecke B-Go mit der hinteren Pharynxwand

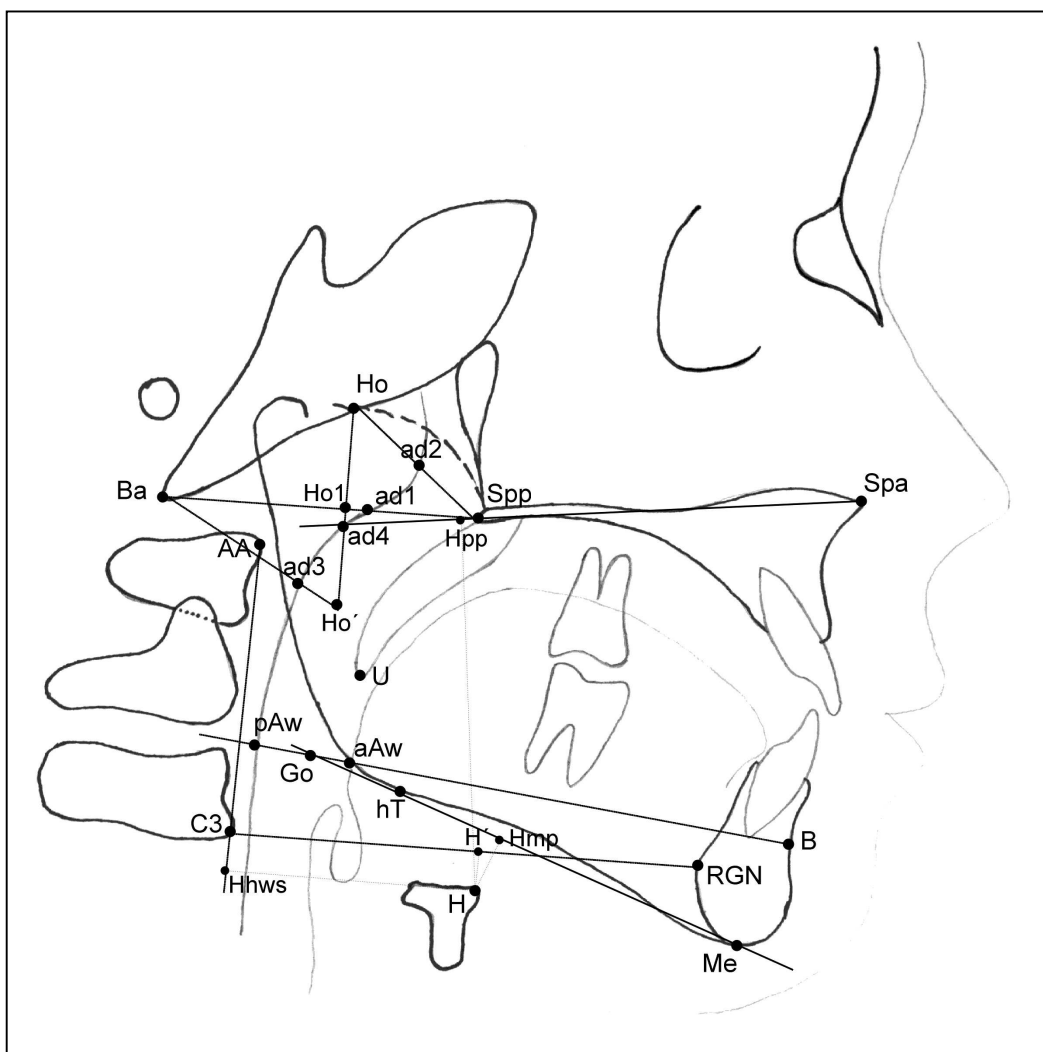


Abb. 6 : zusätzliche FRS-Messpunkte (aus [71])

2.6.2.2 Schädelbasis, Wachstums- und Gesichtsschädeltyp :

NBa	Länge der gesamten Schädelbasis
SBa	Länge der hinteren Schädelbasis
NS	Länge der vorderen Schädelbasis
NSBa	Schädelbasiswinkel / Flexion der Schädelbasis, Winkel zwischen N-S und S-Ba nach vorne unten gemessen
SSpp	hintere obere Gesichtshöhe
NA	vordere obere Gesichtshöhe
AMe	vordere untere Gesichtshöhe
NMe	(gesamte) vordere Gesichtshöhe
SGo	(gesamte) hintere Gesichtshöhe
GSHVER	Gesichtshöhenverhältnis : Quotient von hinterer zu vorderer Gesichtshöhe (N-Me / S-Go)

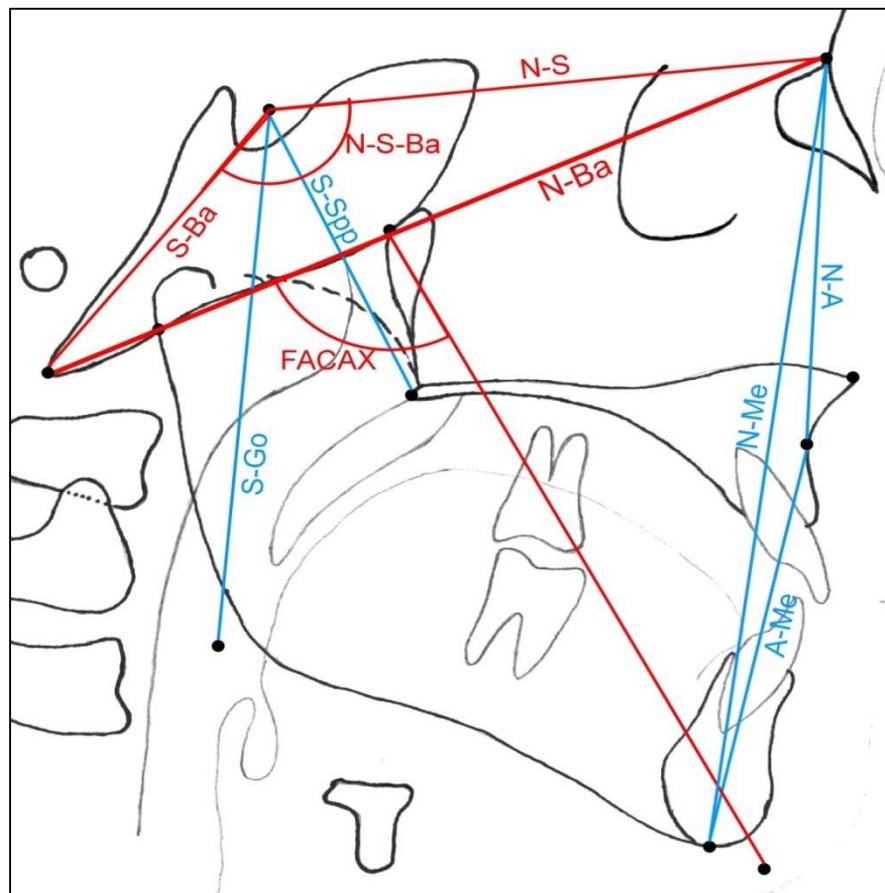


Abb. 7 : Schädelbasis-, und Wachstumstypmessungen [71]

2.6.2.3 Maxilla und Mandibula :

SppA	Länge der Oberkieferbasis (Strecke SPP-A)
SppSpa	Länge des knöchernen Nasenbodens bzw. der Oberkiefer-Grundebene (Palatinalplanum PP)
SNA	relative Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis, Winkel zwischen S-N und N-A nach hinten unten gemessen

SNB	relative Position des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis, Winkel zwischen S-N und N-B nach hinten unten gemessen
ArGoMe	Kieferwinkel, Winkel nach vorne gemessen zwischen Ar-Go und Go-Me
NGoMe	unterer Kieferwinkel, Winkel nach vorne gemessen zwischen N-Go und Go-Me

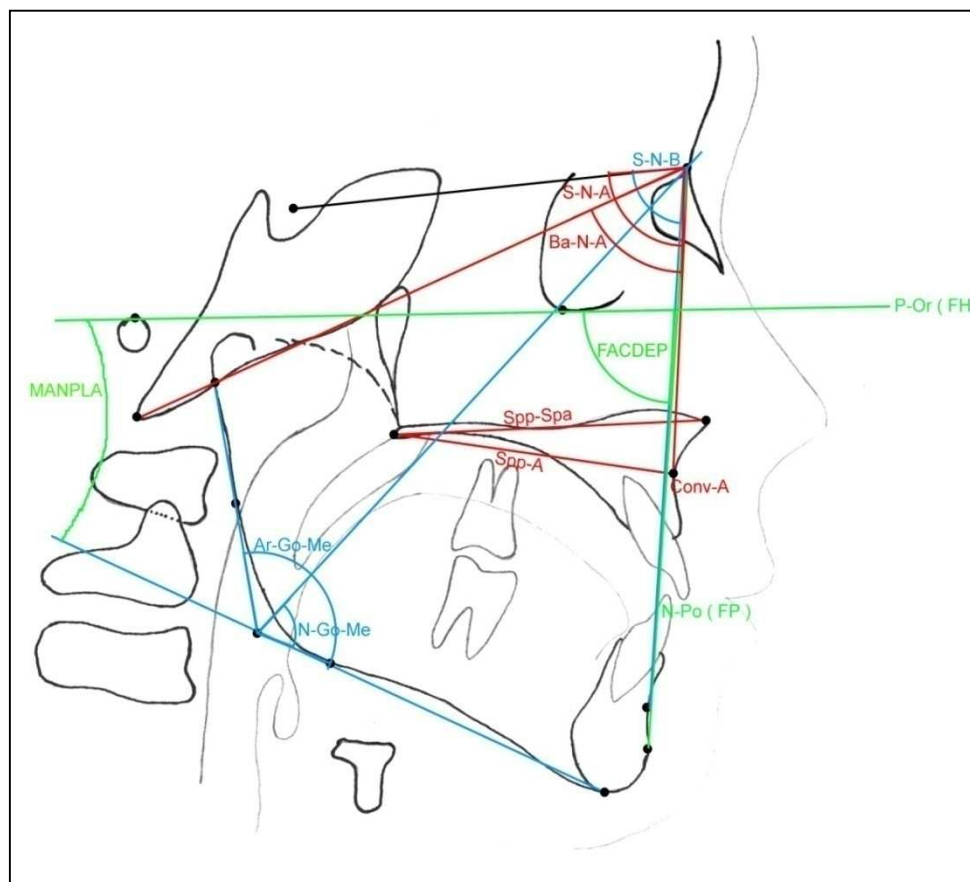


Abb. 8 : mandibuläre und maxilläre Zusatz-Variablen [71]

2.6.2.4 nasopharyngealer Bereich :

SAA	hintere Höhe des Nasopharynx (vertikal)
HoHo1	Höhe des knöchernen Nasopharynx (vertikal)
BaSpp	Tiefe des knöchernen Nasopharynx (sagittal
AASpp	Tiefe des Nasopharynx (sagittal)
TkNph1	Tiefe des knöchernen Nasopharynx I : Winkel nach unten gemessen zwischen Ba-S und S-Spp
TkNph2	Tiefe des knöchernen Nasopharynx II : Winkel nach vorne gemessen zwischen Ho-Ba und Ba-ad1
TkNph3	Tiefe des knöchernen Nasopharynx III (Atlasbereich) : Winkel nach unten gemessen zwischen AA-S und S-Spp
NphF1	Fläche des oberen knöchernen Nasopharynx : Fläche in mm ² , gebildet durch die Punkte Spp-Ho-Ba-Spp
NphF2	Fläche des gesamten Nasopharynx I : Fläche in mm ² , gebildet durch die Punkte Spp-Ho-Ba-Ho'-Spp
AdF1	Fläche der Adenoide I : Fläche in mm ² , gebildet durch die Punkte ad2-Ho-Ba-ad1-ad2
AdF2	Fläche der Adenoide II : Fläche in mm ² , gebildet durch die Punkte ad2-Ho-Ba-ad3-ad1-ad2
AdkNph	Anteil der Adenoide im kranialen knöchernen Nasopharynx : Flächenverhältnis, gebildet durch den Quotienten (AdF1 / NphF1) * 100 in %
AdNph1	Anteil der Adenoide im gesamten Nasopharynx I : Flächenverhältnis, gebildet durch den Quotienten (AdF2 / NphF2) * 100 in %

2.6.2.5 velopharyngealer Bereich :

SppU	Velumlänge
Sppad4	Abstand der Spina nasalis posterior zur hinteren Pharynxwand, Maß für die Tiefe des weichgewebigen Pharynx im velopharyngealen Bereich
VelPP	Velumwinkel, Winkel des Velums mit dem Palatinalplanum, nach unten gemessener Winkel zwischen Spa-Spp (PP) und Spp-U
NeedRat	„Need Ratio“ : Verhältnis zwischen dem Abstand der Rachenhinterwand von der Spina nasalis posterior zur Velumlänge, gebildet durch den Quotienten $(Spp-ad4 / Spp-U) * 100$ in %

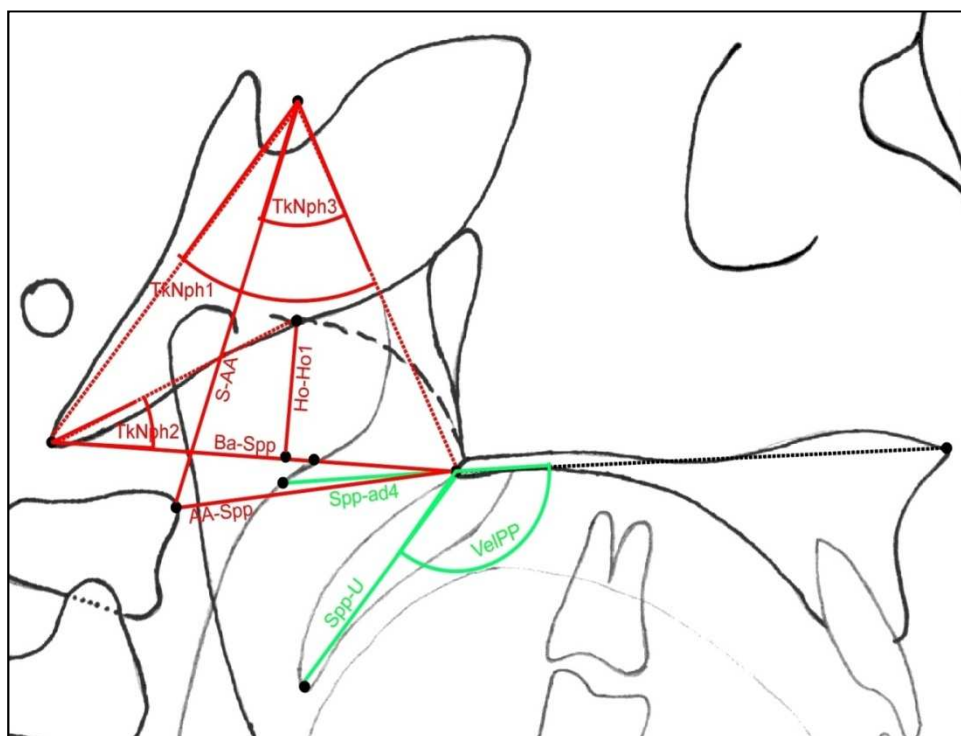


Abb. 9 : naso- und velopharyngeale kephalometrische Messungen [71]

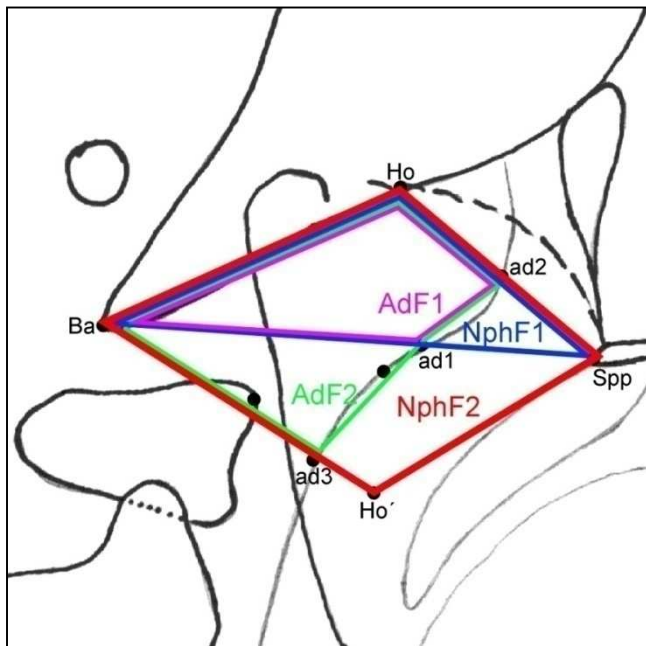


Abb. 1 : Skizze zu den Adenoid- und Nasopharynx-Flächen [71]

2.6.2.6 Zungenbereich :

AIRW	Airway, Enge des weichgewebigen Pharynx in Höhe der Linie B-Go : Strecke aAw-pAw
HRGN	anteriore Hyoid-Position : Abstand des Zungenbeins zum UK (Retrognathion)
HC3	posteriore Hyoid-Position : Abstand des Zungenbeins zum 3. Halswirbel (C3)
HH2	vertikale Hyoid-Position : Abstand des Zungenbein zur Ebene C3-RGN
HS	Abstand des Zungenbeins zur Sella
SNH	Hyoid-Position zur anterioren Schädelbasis, Winkel nach hinten gemessen zwischen S-N und N-H
HMP	Abstand des Hyoids zum Mandibularplanum (hT-Me), Strecke H-Hmp
HPP	Abstand des Hyoids zum Palatinalplanum (Spa-Spp), Strecke H-Hpp
HHWS	Abstand des Hyoids zur Halswirbelsäule (AA-C3), Strecke H-Hws

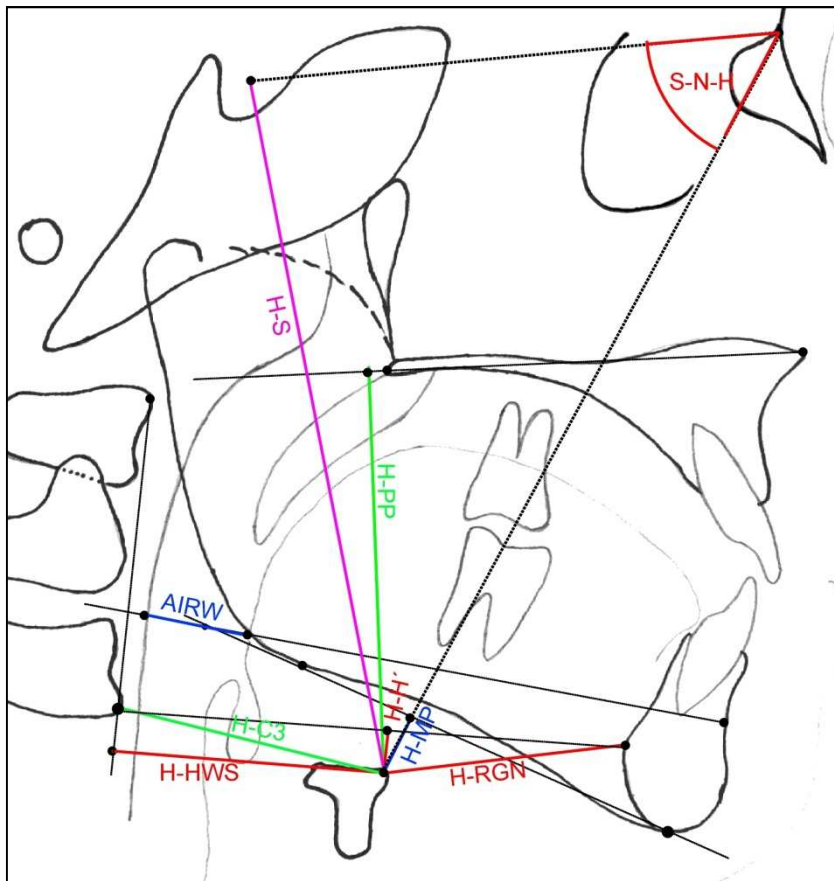


Abb. : Hyoidale FRS-Messungen [71]

2.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogrammes SPSS 14.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois , USA).

2.7.1 Messfehlerbestimmung

Zur Bestimmung individueller Messfehler bei der Bestimmung von Winkeln, Strecken und Flächen wurden vom Betreuer der Studie 30 zufällig ausgewählte FRS-Bilder in einem Abstand von mindestens 2 Wochen zweimal von demselben Untersucher (Dr. Dr. Kai Wermker)

vermessen. Eine Röntgenaufnahme war falsch skaliert worden. Dieser Fehler wurde vor der statistischen Auswertung behoben.

Neben den Mittelwerten (\bar{x}) und Standardabweichungen (s) für die Differenzen der beiden Messreihen wurde der Zufallsfehler einer Messung ($s/\sqrt{2}$) nach Houston [32] errechnet. Die Größe des kombinierten Methodenfehlers, der den systematischen und den zufälligen Fehler umfasst, wurde nach Dahlberg [16] berechnet. Somit werden Messfehler, die bei der Messung selber entstehen können, erfaßt. Die Differenzen des jeweiligen Testitem wurden berechnet und durch die Anzahl der Zweitmessungen dividiert. Aus diesem Ergebnis zieht man die Wurzel. Ist das Ergebnis klein, umso eher ist die Messung reproduzierbar [20].

Systematische Fehler könnten systematisch größer oder systematisch kleiner sein, als der tatsächliche Messwert ist [47]. Alle 103 Ausmessungen der FRS-Bilder sind von derselben Person, an demselben Monitor mit derselben Mouse durchgeführt worden. Die audiovisuellen Auswertungen der NasalView- Aufnahmen erfolgten mittels desselben Monitors und derselben Lautsprecher. Somit ist ein systematischer Fehler reduziert worden. Zur Testung eines systematischen Fehlers wurden t-Tests für verbundene Stichproben zwischen den Messreihen durchgeführt.

2.7.2 Basisstatistik und Grundlagen

Zu Beginn der statistischen Auswertung wurden die Rohdaten der Röntgenbilder und NasalView®-Aufnahmen nach Methoden der deskriptiven Statistik ausgewertet. Weiß und Bauer [68] empfehlen Lagemaße und Streuungsmaße zu berechnen. Für die gesammelten Rohdaten wurden mittels SPSS® der Mittelwert, die Standardabweichung, das 95%-Konfidenzintervall, minimale und maximale Werte berechnet. Es folgte ein Test auf Normalverteilung, der auch graphisch mittels der Gaußschen Normalverteilungskurven zur Kontrolle von Ausreißern und Abweichungen genutzt wurde.

Für die Durchführung von Korrelationsanalysen wurde folgendes Vorgehen gewählt : Zunächst erfolgte eine Korrelationsanalyse nach Spearman. Lagen die Ergebnisse innerhalb der Normalverteilung, erfolgte eine weitere Berechnung nach Pearson. Lagen die Werte außerhalb der Normalverteilung, wurden sie nach dem Spearman Korrelationskoeffizient berechnet.

Die Stärke eines Zusammenhangs kann nach Pearson Werte von +1 bis -1 annehmen. Eine Annäherung an den jeweiligen Wert der Merkmale bedeutet einen positiven, gleichsinnigen Zusammenhang. Ist der Wert negativ, so liegt ein gegensinniger Wert vor [30, 38, 59].

Bei statistischen Berechnungen nach Spearman werden die Original-Messwerte in Rangzahlen umgewandelt. Die Werte werden nach ihrer Größe geordnet. Dabei erhält der kleinste Wert den Rang 1, dem größten Wert wird Zahl der Gesamtanzahl der Messwerte zugeordnet. Eine gleiche Zuordnung erfahren die in Korrelation dazu gesetzten Werte. Aus diesen Rängen werden die Spearman-Koeffizienten berechnet, die Werte von +1 bis -1 annehmen können. Eine Interpretation der Ergebnisse erfolgt wie bei Pearson [64].

2.7.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Für die Probanden wurden die arithmetischen Mittelwerte und Standardabweichungen der FRS-Messpunkte sowie der Nasalanzmesswerte getrennt nach Geschlechtern berechnet.

Beim Vergleich zweier Gruppen sollte folgendes Vorgehen gewählt werden : Bei Normalverteilung der Grundgesamtheit wurden die Ergebnisse auf Signifikanz mittels parametrischen zweiseitigem T-Test überprüft, da er nach Trampisch und Windeler unter diesen Bedingungen der Trennschärfste sei [64]. Liegt keine Normalverteilung vor, wird der Wilcoxon-Rangsummen-Test für nicht parametrische Daten verwendet und die Ergebnisse, die p-Werte genannt werden, auf statistische Signifikanz überprüft.

In dieser Studie wurde mittels parametrischem t-Test für 2 unverbundene Stichproben wurde geprüft, ob es zwischen beiden Geschlechtern statistisch signifikante Unterschiede gibt [64].

2.7.4 Wachstumstyp-spezifische Analyse

Die Wachstumstypen wurden nach der Auswertung der FRS-Bilder mittels XX-Punkt-Analyse klassifiziert. Frau Prof. Ehmer definiert in der XX-Punktanalyse den ersten Winkel, die Fazialisachse, als den Winkel nach hinten gemessen zwischen der Strecke Basion-Nasion und Pterygoid-Punkt und konstruiertem Gnathion. 90 Grad sprechen für ein neutrales Wachstum, Werte kleiner 90 Grad für ein vertikales Wachstum, bei Werten größer 90 Grad liegt ein horizontales Wachstum vor. Dieser Winkel kann zur Bestimmung des Wachstumstyps benutzt werden [56]. Probanden mit einer Fazialachse $\leq 87^\circ$ wurde der Gruppe „vertikaler Wachstumstyp“ zugeordnet, ein Winkelmaß $\geq 93^\circ$ führte zur Eingruppierung in „horizontaler Wachstumstyp“, Werte zwischen 87° und 93° wurden dementsprechend als „neutraler Wachstumstyp“ gewertet.

Mittels Korrelationsanalyse nach Spearman wurden weiterhin der FRS-Analysepunkt Fazialachse und die Sprachtest-Items auf gegenseitige Bedingungen und Zusammenhänge getestet.

Für Nasalanz- und FRS-Analysepunkte wurden arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen separat für alle drei zuvor beschriebenen Wachstumstypen berechnet. Darauf erfolgte der Levene-Test zur Überprüfung von Homogenität der Varianzen, dann die einfaktorielle Varianzanalyse zur Überprüfung von Gruppenunterschieden auf statistische Signifikanz unter Verwendung von Scheffe-Prozedur als post-hoc-Test bei Varianzunterschieden über 10 %. Bei Varianzunterschieden über 10 % wurde das robuste Testverfahren nach Brown-Forsythe und Welch benutzt [64].

2.7.5 Altersbedingte Zusammenhänge

Zur Überprüfung auf Korrelationen von Alter und Testitems wurde zunächst eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt [64].

Aufgrund einer zu erwartenden Altersspanne zwischen 6 und 20 Jahren stand die Überlegung einer Aufteilung in verschiedenen Altersgruppen an. Eine alleinige Zuordnung der NasalView® - Aufnahmen nach Alter der Patienten erschien wenig sinnvoll, da die Stimmen vermutlich erst im Stimmbruch stark variieren. Ein anatomisch bedingtes Näseln dürfte im Laufe der Wachstumsphase auch nicht kontinuierlich entstehen. Zudem lag bei einer ersten orientierenden statistischen Auswertung keine signifikante Korrelation von Alter und Nasalanz vor (siehe Ergebnisteil, Kap. 3.4 , S. 49).

Die Einteilung von Stelzig-Eisenhauer [57] nach Alter orientiert am biologischen Wachstum erschien plausibel zu sein und wurde daher übernommen. Die Probanden wurden in drei Altersgruppen unterteilt. Die erste Gruppe reicht vom 6. bis 11. Lebensjahr, die zweite Gruppe vom 11. bis 16 Lebensjahr. Gruppe drei beinhaltet Probanden von 16 Jahren und älter.

Dementsprechend wurde das arithmetische Mittel und die Standardabweichung in den drei Altersgruppen berechnet. Nach dem Levene-Test auf Homogenität der Varianzen wurden Unterschiede in den Gruppen auf Signifikanz überprüft. Dies geschah durch einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA). Waren die Varianzunterschiede größer als 10 %, so erfolgte die

Berechnung mittels Scheffe-Prozedur als post-hoc-Verfahren, waren sie kleiner mittels robuster Testverfahren zur Prüfung auf Gleichheit nach Welch- und Brown-Forsythe-Test [64].

2.7.6 Regressionsanalyse

In dieser Datenanalyse sollen Variablen auf einen möglichen kausalen Zusammenhang hin überprüft werden [20, 38]. Regressoren (unabhängige Variablen) werden dabei schrittweise in die Analyse mit einbezogen, nicht signifikante Daten eliminiert.

Es wurden mittels multivariater linearer Regression (schrittweises Vorgehen : ´forward´) die kephalometrischen Einflüsse auf die Nasalanz berechnet. Abhängige Variable war somit die jeweilige Nasalanz eines bestimmten Testitems, unabhängige Variablen (als mögliche Einflussfaktoren) stellten die kephalometrischen Variablen dar.

Durch r-Quadrat kann die Aussagekraft der Regression bestimmt bzw. abgeschätzt werden. Die Werte können zwischen 1 und 0 liegen. Je näher sie an 1 liegen, desto besser erklärt die Regressionsanalyse den beobachteten Wert [20, 38].

3. Ergebnisteil

Hinsichtlich der erreichten statistischen Signifikanz lassen sich drei Niveaus unterscheiden :
Nichtsignifikante Werte haben einen p-Wert von über 5% ($p > 0,05$). Sie erhalten in den Datentabellen keinen Signifikanzstern und wurden der Übersichtlichkeit halber meist nicht mit in die Tabellen aufgenommen.

Signifikante Werte haben einen p- Wert von kleiner als 5% ($p < 0,05$). Mann erkennt sie an einem Signifikanzstern (*).

Stark signifikante Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner als 1 % ($p < 0,01$) wurden mit zwei Sternen gekennzeichnet (**).

Hochsignifikante Werte liegen beim p-Wert unter 0,1 % und fallen durch 3 Signifikanzsterne auf (***) [64].

3.1 Darstellung der Studienteilnehmer

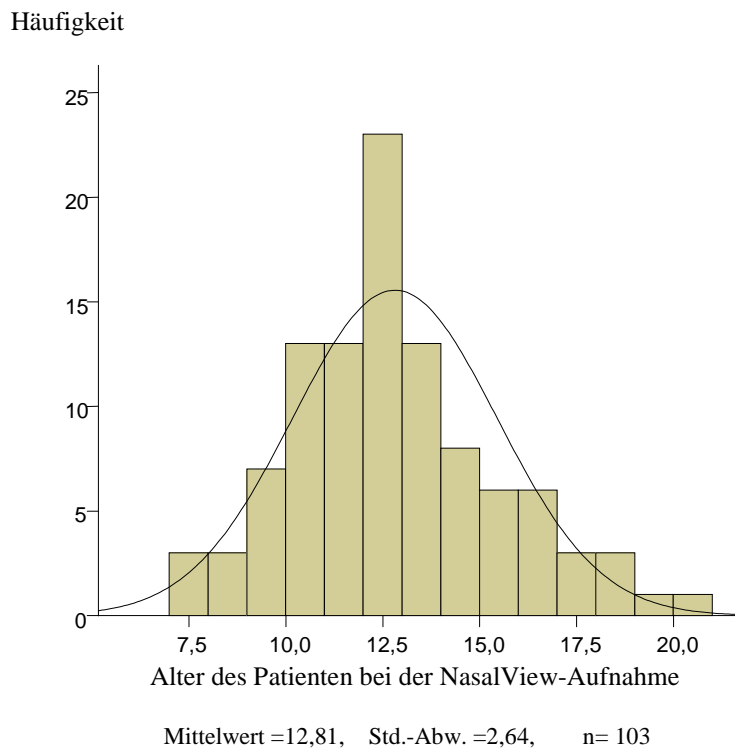
Insgesamt wurden in dieser Studie die Daten von 103 Probanden verwendet.

55 Probanden waren weiblichen, 48 männlichen Geschlechts.

Häufigkeit und Alter der Patienten

Die Probanden wurden in drei Altersgruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe wird von 36, die zweite von 57 und die dritte Gruppe von 10 Probanden repräsentiert.

Altersgruppen	Häufigkeit	Prozent
6-11-J.	36	35,0
11-16.J	57	55,3
≥16 J.	10	9,7
Gesamt	103	100,0



Die Patienten der Studie liegen zum Zeitpunkt der NasalView®-Messung in einem Altersfeld mit einer Spanne von 13,8 Jahren. Der jüngste Proband ist 7 Jahre, der älteste 20 Jahre alt. Im Mittel sind die Patienten 12,8 Jahre alt.

Kieferorthopädische Therapie

KFO-Therapie	Häufigkeit	Prozent
Herausnehmbare Apparatur	59	57,3
Festsitzende Bracketts	44	42,7
Gesamt	103	100,0

Therapiert wurden die Patienten mit festen und herausnehmbaren Apparaturen 44 Personen trugen dabei einen über Bracketts befestigten Bogen, 59 konnten ihr therapeutisches Gerät herausnehmen.

Gründe für die kieferorthopädische Therapie

KFO-Diagnose	Häufigkeit	Prozente
Zahnfehlstellung wachstumsbedingt	88	85,4
Unfallfolgen	7	6,8
Sonstige Ursache der Zahnfehlstellung	8	7,8
Gesamt	100,0	100,0

Unterschiedliche Indikationen führten bei den Probanden zu einer kieferorthopädischen Behandlung. 88 Personen hatten eine wachstumsbedingte Zahnfehlstellung, 7 hatten eine Zahnfehlstellung aufgrund eines Unfalls, 8 Personen gaben sonstige nicht genauer unterschiedene Gründe an.

Ohrenärztlicher Befund

Ohrenärztlicher Befund	Häufigkeit	Prozent
Keine ohrenärztliche Erkrankung	99	96,1
Ohrenärztliche Erkrankung	4	3,9
Gesamt	103	100

4 Personen gaben an, eine ohrenärztliche Therapie im Kindesalter erfolgreich beendet zu haben. Den 99 anderen war kein ohrenärztlicher pathologischer Befund bekannt.

Logopädische Therapie

Logopädische Therapie	Häufigkeit	Prozent
Keine logopädische Therapie	88	85,4
In logopädischer Behandlung	3	2,9
Logop. Behandlung abgeschlossen	12	11,7
Gesamt	103	100,0

Von den 103 Probanden sind 88 nie in einer logopädischen Therapie gewesen, 3 sind in einer logopädischen Therapie und bei 12 ist die Therapie abgeschlossen gewesen.

Wachstumstypen

Wachstumstyp	Anzahl der Probanden
vertikaler Wachstumstyp	20
neutraler Wachstumstyp	51
horizontaler Wachstumstyp	32
Gesamt	103

20 Probanden wiesen ein vertikales Wachstum, 51 ein neutrales Wachstum und 32 ein horizontales Wachstum auf (Einteilung gemäß der Fazialachse, siehe Kap 2.xx , S. xx).

3.2 Deskriptive Statistik : Nasalanzmessung

3.2.1 Abkürzungsverzeichnis

Auf den nachfolgenden Seiten werden folgende Abkürzungen verwendet :

V = Variable

95% Konf = 95%-Konfidenzintervall mit

E = Einheit

Ober- und Untergrenze (OG, UG)

X = Mittelwert

AGEF = Alter der FRS-Aufnahme

SD = Standardabweichung

AGEP = Alter des Patienten bei NasalView-Messung

Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Röntgenaufnahme und des Sprachtestes :

V	E	\bar{x}	SD	95% Konf	
				UG	OG
AGEF	Monat	12,03	2,53	11,54	12,53
AGEP	Jahr	12,81	2,64	12,30	13,33

Ergebnisse des Sprachtests (Nasalanzmesswerte) :

V	E	\bar{x}	SD	95% Konf	
				UG	OG
V1	%	18,27	6,82	16,89	19,65
V2	%	18,44	11,44	16,12	20,76
V3	%	25,66	13,15	23,00	28,33
V4	%	13,40	8,09	11,76	15,04
V5	%	19,81	10,42	17,70	21,92
K1	%	24,42	8,93	22,61	26,23
K2	%	16,57	6,49	15,26	17,89
K3	%	17,27	5,56	16,14	18,39
K4	%	16,52	4,39	15,63	17,41
W1	%	33,97	5,55	32,84	35,09
W2	%	33,10	5,11	32,07	34,14
W3	%	20,18	4,60	19,24	21,11
W4	%	18,00	4,02	17,19	18,82
W5	%	16,55	3,89	15,77	17,34
W6	%	20,07	4,56	19,15	21,00
W7	%	18,20	5,33	17,11	19,28
W8	%	21,55	6,56	20,23	22,88
W9	%	21,01	6,07	19,79	22,24
NNS1	%	20,24	3,97	19,43	21,04
NNS2	%	25,99	4,517	25,08	26,90
NNS3	%	19,61	3,95	18,81	20,41

NNS4	%	21,63	4,48	20,72	22,53
NNS5	%	18,19	3,77	17,43	18,96
NNS6	%	19,39	3,82	18,61	20,16
NNS7	%	19,48	3,77	18,71	20,24
NS8	%	58,66	6,08	57,43	59,89
NS9	%	46,89	4,74	45,93	47,85
NS10	%	48,63	5,41	47,53	49,73
NS11	%	60,23	5,70	59,08	61,39
NS12	%	42,73	5,50	41,62	43,85
NRATIO	-	0,35	0,07	0,33	0,36
NDIST	-	38,42	6,38	37,13	39,71

3.3 Deskriptive Statistik : FRS – Analyse

V	E	X	SD	95% Konf	
				UG	OG
I	°	90,7	4,6	89,8	91,6
II	°	88,49	4,39	87,63	89,35
III	°	22,04	5,82	20,9	23,17
IV	°	147,31	7,13	145,92	148,7
V	mm	107,47	11,62	105,2	109,74
VI	°	62,2	4,21	61,37	63,02
VII	°	-3,08	3,83	-3,82	-2,33
VIII	mm	82,76	9,00	81,00	84,52
IX	°	43,97	4,75	43,00	44,89
X	mm	1,85	3,53	1,16	2,54
XI	-	77,36	4,10	76,56	78,16
XII	mm	1,24	3,20	0,61	1,86
XIII	°	22,97	6,19	21,76	24,18
XIV	mm	5,20	3,30	4,56	5,85
XV	°	26,92	9,09	25,15	28,70

XVI	°	130,10	12,52	127,66	132,55
XVII	mm	3,42	2,64	2,905	3,938
XVIII	mm	16,41	4,12	15,61	17,22
XIX	mm	-1,39	2,95	-1,97	-0,82
XX	°	98,33	9,48	96,47	100,18
NBa	mm	97,15	8,27	95,53	98,76
SBa	mm	39,38	4,19	38,57	40,20
NS	mm	67,86	6,01	66,69	69,04
NSBa	°	5,45	128,15	127,08	127,09
SSpp	mm	45,38	5,081	44,39	46,37
NA	mm	53,48	6,34	52,25	54,72
AMe	mm	55,06	5,95	53,89	56,22
NMe	mm	108,02	11,07	105,86	110,18
SGo	mm	73,28	8,45	71,62	74,93
GSHVER	-	68,02	6,13	66,82	69,22
SPPA	mm	44,83	6,15	43,63	46,03
SppSpa	mm	46,46	5,95	45,30	47,63
SNA	°	80,46	5,62	79,36	81,56
SNB	°	79,29	5,39	78,24	80,35
ArGoMe	°	122,99	8,10	121,41	124,58
NGoMe	°	70,82	5,49	69,75	71,89
SAA	mm	47,91	5,50	46,84	48,99
HoHo1	mm	21,47	3,76	20,74	22,21
BaSpp	mm	41,70	5,59	40,61	42,80
AASpp	mm	32,14	5,52	31,06	33,22
TkNph1	°	58,43	5,80	57,30	59,56
TkNph2	°	35,89	6,59	34,60	37,18
TkNph3	°	39,89	5,85	38,75	41,03
NphF1	mm ²	455,84	115,80	433,2	478,48
NphF2	mm ²	903,08	226,46	858,83	947,35
AdF1	mm ²	289,99	81,362	271,63	308,33

AdF2	mm ²	418,05	122,01	390,55	445,57
AdkNph	%	64,25	8,895	62,24	66,26
AdNph1	%	46,53	8,29	44,63	48,40
SppU	mm	30,12	5,18	29,10	31,13
Sppad4	mm	23,61	6,02	22,43	24,78
Velpp	°	133,22	10,06	131,25	135,18
NEED RATIO	-	78,84	16,28	76,66	82,02
Airway	mm	10,93	3,02	10,23	11,64
HRGN	mm	37,43	5,88	36,06	38,80
HC3	mm	31,58	4,92	30,43	32,73
H-H'	mm	7,00	4,26	6,00	7,99
HS	mm	99,72	10,49	97,28	102,17
SNH	°	56,51	4,02	55,57	57,44
HMP	mm	14,64	4,50	13,59	15,69
HPP	mm	57,28	7,29	55,57	58,98
HHWS	mm	30,79	4,80	29,67	31,91

3.4 Alter und Nasalanalz

Zwischen dem Alter der Patienten und den gemessenen Nasalanzwerten fanden sich im Rahmen der Korrelationsanalyse in dieser Studie keine statistisch signifikanten Zusammenhänge.

Die errechneten Mittelwerte und Standardabweichungen, sowie die Vergleichsanalyseergebnisse zwischen den Altersgruppe werden in Tabellen gefaßt aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang aufgeführt (S. IV- VI). Statistisch signifikante Differenzen zwischen verschiedenen Altersgruppen hinsichtlich der gemessenen Nasalanalz konnten nicht ermittelt werden.

3.5 Geschlecht und Nasalanz

Zwischen den Geschlechtern der Patienten und den Sprachtest-Items gibt es keine statistisch signifikanten Korrelationen. Der Gruppenvergleich ergab bezüglich der Nasalanzwerte keine geschlechtsspezifischen Differenzen.

Die errechneten Mittelwerte, Standardabweichungen und die Vergleichsanalyse zwischen den beiden Gruppen werden in einer Tabelle aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang aufgeführt (siehe S. VII - IX).

3.6 Kephalemtrische Messpunkte und Nasalanz

3.6.1 Ergebnisse der Korrelationsanalyse

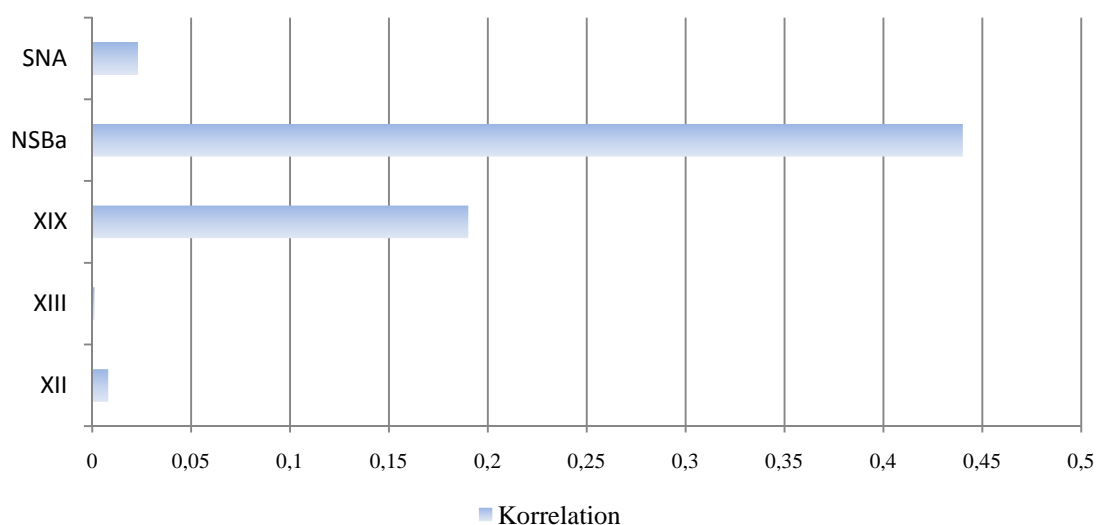
Die nachfolgenden Tabellen zeigen das Ergebnis der Korrelationen von Nasalanz und FRS-Messpunkten. Die Stärke der Merkmalsabhängigkeit wird in arabischen Zahlen und in verschlüsselten Signifikanzniveaus – wie oben beschrieben - dargestellt. Zum Teil erfolgt auch eine graphische Veranschaulichung. Ein Balken im Diagramm stellt je Testitem die Signifikanz graphisch dar.

Korrelationen berechnet nach Spearman

Korrelationen Testitem „e“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
e	XII	**
	XIII	**
	XIX	*
	NSBa	*
	SNA	*

Das Testitem „e“ weist insgesamt fünf signifikante Korrelationen auf. Drei davon stammen aus der XX-Punkt-Analyse nach Prof. Ehmer. Diese zwei Punkte werden zum Gebiet der dentalen Relation gezählt. Die Position der unteren Inzisivus-Kante und die Inklination des Unterkiefer-Inzisivus sind auf dem 0,01-Niveau signifikant. Der dritte Punkt, der Abstand von Unterlippe zur E-Line, wird zu den Weichteilrelationen gezählt. Er ist auf dem 0,05-Niveau signifikant. Des Weiteren liegen die Schädelbasis und im nasopharyngealen Bereich die relative Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis auf dem 0,05-Signifikanz-Niveau.

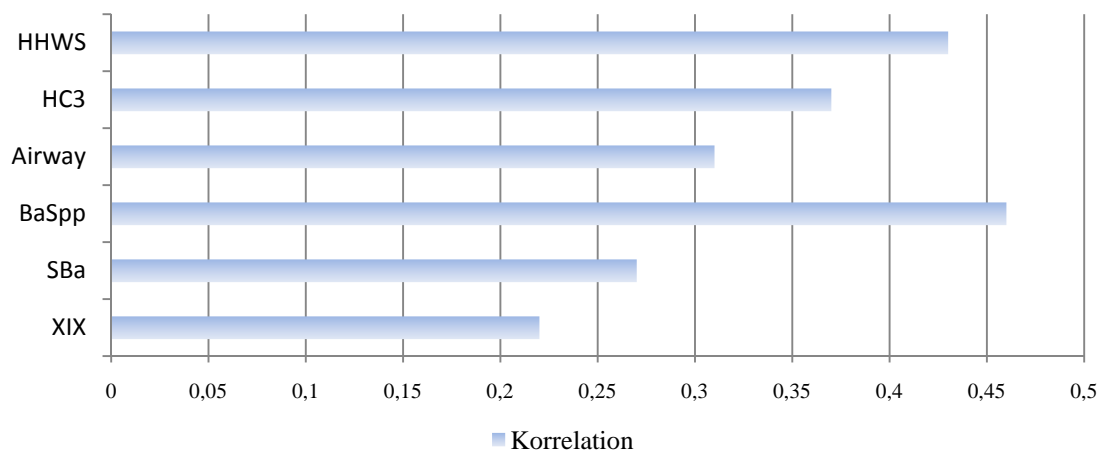


Korrelationen Testitem „i“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
i	XIX	*
	SBa	*
	BaSpp	*
	Airway	*
	HC3	*
	H-Hws	*

Sechs Items korrelieren mit dem Vokal „i“. Alle Items liegen auf dem 0,05-Signifikanz-Niveau. Es sind die Weichteilrelation der Unterlippe zur E-Line, die Länge der hinteren

Schädelbasis und die Tiefe des knöchernen Nasopharynx. Im Zungenbereich korrelieren die Enge des Pharynx, die posteriore Hyoidposition und der Abstand des Hyoid zur Halswirbelsäule.



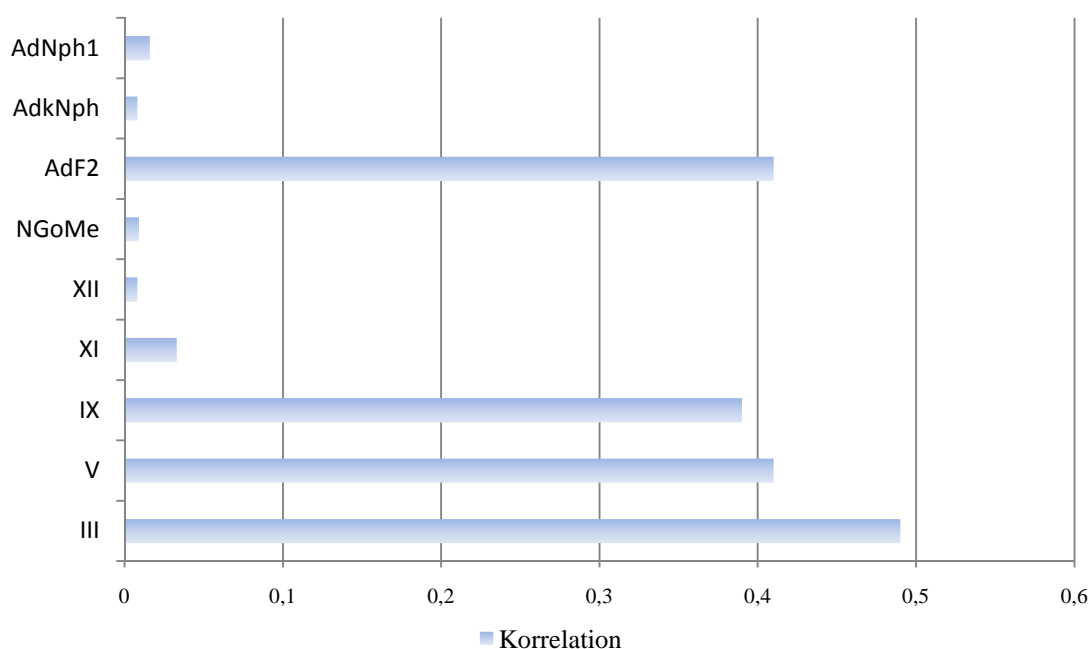
Korrelationen Testitem „o“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
o	III	*
	V	*
	IX	*
	XI	*
	XII	**
	NGoMe	**
	AdF2	*
	AdkNph	**
	AdNph1	*

Bei der Nasalanalz-Messung des Vokal „o“ ergaben sich neun unterschiedlich statistisch signifikante Korrelationen.

Aus der XX-Punktanalyse konnte auf dem 0,05 Signifikanz-Niveau die Schädel-Kiefer-Relationen Mandibularplanumwinkel und die relative Mandibularlänge sowie die untere Gesichtshöhe errechnet werden. Die relative Maxilla zu Mandibularlänge ist ebenfalls auf diesem Signifikanz-Niveau. Die Position der unteren Inzisivus-Kante liegt auf dem 0,01-Niveau. Im Mandibula-Bereich erreicht der untere Kieferwinkel dasselbe Niveau.

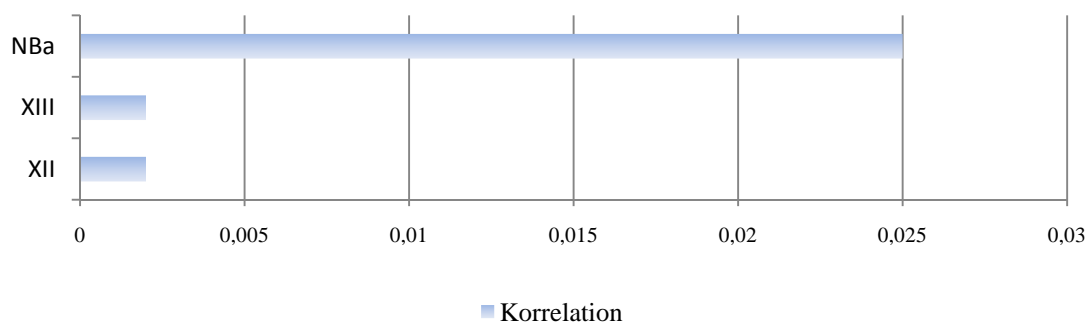
Die folgenden drei Messpunkte des nasopharyngealen Bereich korrelieren unterschiedlich stark. Die Adenoidfläche 2 und der Anteil der Adenoide im gesamten Nasopharynx erreichen ein 0,05 Signifikanz-Niveau, der Anteil der Adenoide im kranialen knöchernen Bereich liegt in der Gruppe von 0,01.



Korrelationen Testitem „Teetasse“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Teetasse	XII	**
	XIII	**
	NBA	*

Die statistische Auswertung des Wortes „ Teetasse“ hinsichtlich der Korrelation führt zu drei statistische Signifikanten Werten. Die Position der unteren Inzisivus-Kante und die Inklination der Unterkiefer-Inzisivi liegen auf dem 0,01-Niveau. Geringer signifikant ist die Gesamtlänge der Schädelbasis. Sie liegt auf dem 0,05-Niveau.



Korrelation Testitem „Der Affe fährt Fahrrad“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Der Affe fährt Fahrrad	XVII	*

Für den nicht-nasalen Satz 6 ergibt sich einzig eine Korrelation mit dem dentalen Messpunkt der vertikalen Molarendistanz. Das Signifikanzniveau liegt im Signifikanz-Bereich von 0,05.

Korrelation Testitem „Nenne meine Mama Mimi“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Nenne meine Mama Mimi	NSBa	*

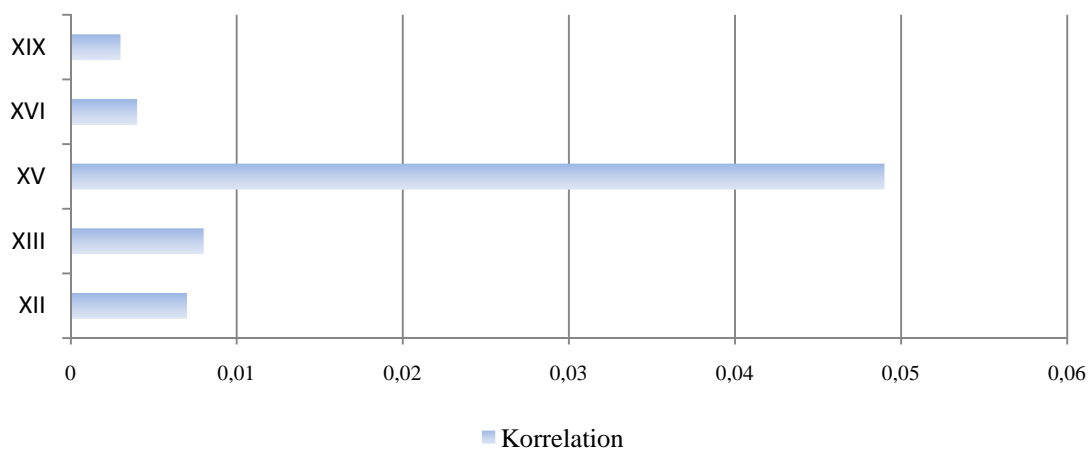
Die Auswertung des nasalen Satz 8 ergab eine statistisch signifikante Korrelation mit dem Schädelbasiswinkel. Sie ist auf dem 0,05-Niveau einzuordnen.

Korrelationen berechnet nach Pearson

Korrelationen Testitem „a“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
a	XII	**
	XIII	**
	XV	*
	XVI	*
	XIX	*

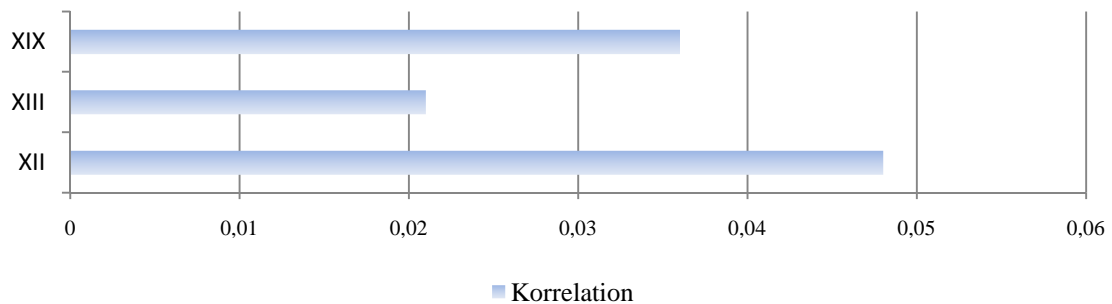
Führt man nun die Korrelationsanalyse für den Vokal „a“ durch, so zeigen sich fünf Korrelationen mit Messpunkten aus der XX-Punktanalyse. Auf 0,01-Niveau signifikant ist die Position der unteren Schneidezahnkante, sowie ihre Position. Weniger signifikant ist die Inklination der Oberen Schneidezähne, der Interinzisalwinkel und die Weichteilrelation Unterlippe zu E-Line. Hier liegt die Signifikanz im Bereich des 0,05 Niveau.



Korrelationen Testitem „u“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
u	XII	*
	XIII	*
	XIX	*

Der Vokal „u“ ergab nach der Auswertung drei statistisch signifikante Werte, die alle aus der XX-Punktanalyse der FRS-Bild-Auswertung stammen. Die Position der unteren Inzisalkante, die Inklination der unteren Inzisiven und die Relation der Unterlippe zur E-Line sind statistisch gering signifikant und liegen im Bereich des 0,05 Niveaus.



Korrelation Testitem „p“

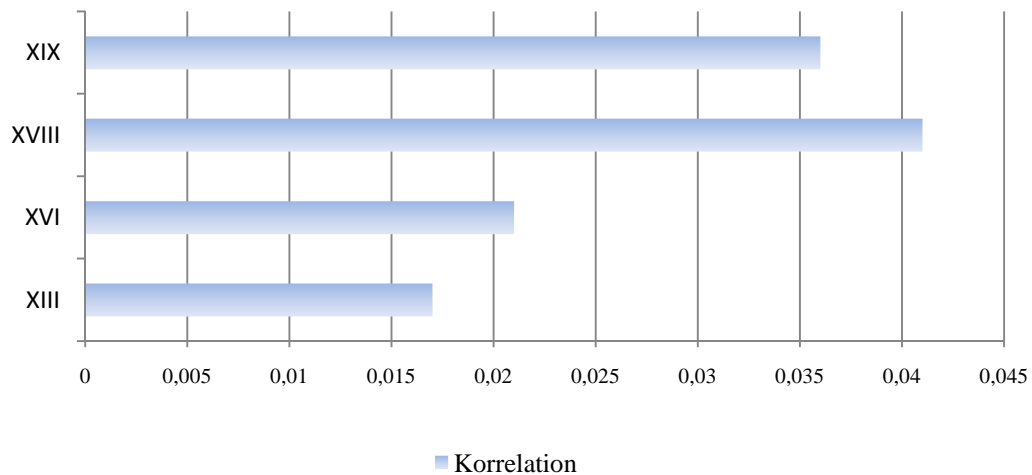
Testitem	Korrelation	Signifikanz
p	XVII	*

Der Konsonant „p“ hat ein statistisch signifikanten Wert im Bereich der dentalen Relationen : Die vertikale Molarenrelation ist auf 0,05-Niveau signifikant.

Korrelationen Testitem „k“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
k	XIII	*
	XVI	*
	XVIII	*
	XIX	*

Der Konsonant „k“ korreliert mit vier Messpunkten auf einem Signifikanzniveau von 0,05. Diese Messpunkte aus den dentalen und Weichteilrelationen gehören zur XX-Punktanalyse nach Prof. Ehmer : Inklination der unteren Inzisivi, Interinzisalwinkel, sagittale Molarendistanz und das Weichteilverhältnis von Unterlippe zu E-Line.

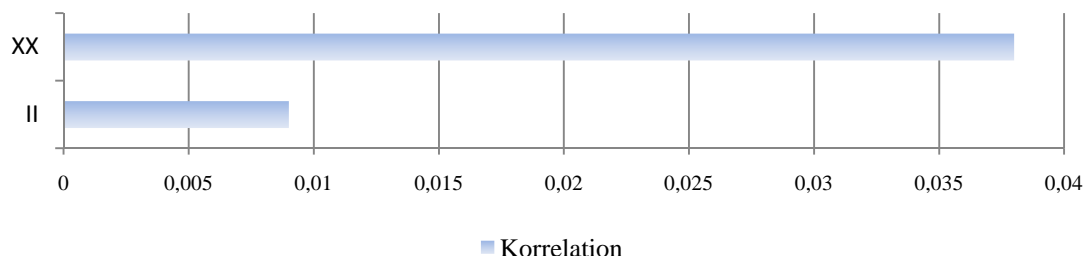


Korrelationen Testitem „Nasalance Ratio“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
N Ratio	II	**
	XX	*

Die Nasalance Ratio wird errechnet durch den Nasalanz-Messwert aus dem nicht-nasalen Satz 1 „Der Peter spielt auf der Straße “ und dem nasalen Satz 8 „Nenne meine Mama Mimi“. Zwei Analysepunkte nach Ehmer korrelieren auf unterschiedlichem Niveau. Einmal der Winkel zwischen der Frankfurter Horizontalen und der Strecke Nasion-Pogonion, die sogenannte

Gesichtstiefe auf 0,01 Niveau und auf etwas geringerem Niveau die Oberlippenneigung ($p < 0,05$).



Korrelation Testitem „Nasalance Distance“

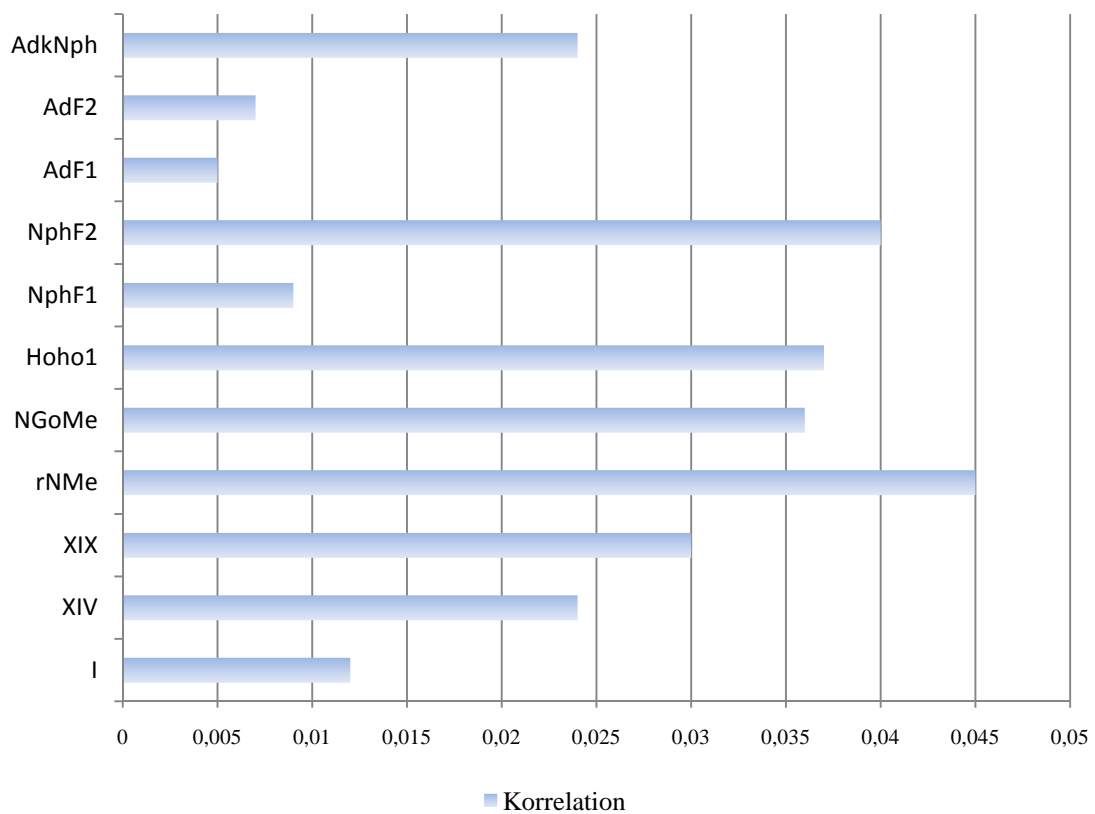
Testitem	Korrelation	Signifikanz
N Distance	II	*

Bei der nasalen Distanz subtrahiert man den Messwert der Nasalanz-Messung des nasalen Satz 1 vom nicht-nasalen Satz 8. Der so erhaltene Messwert ergab eine Korrelation auf 0,05-Niveau mit dem Winkel der Gesichtstiefe.

Korrelationen Testitem „Ampel“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Ampel	I	*
	XIV	*
	XIX	*
	rNMe	*
	NGoMe	*
	Hoho1	*
	NphF1	**
	NphF2	*
	AdF1	**
	AdF2	**
	AdkNph	*

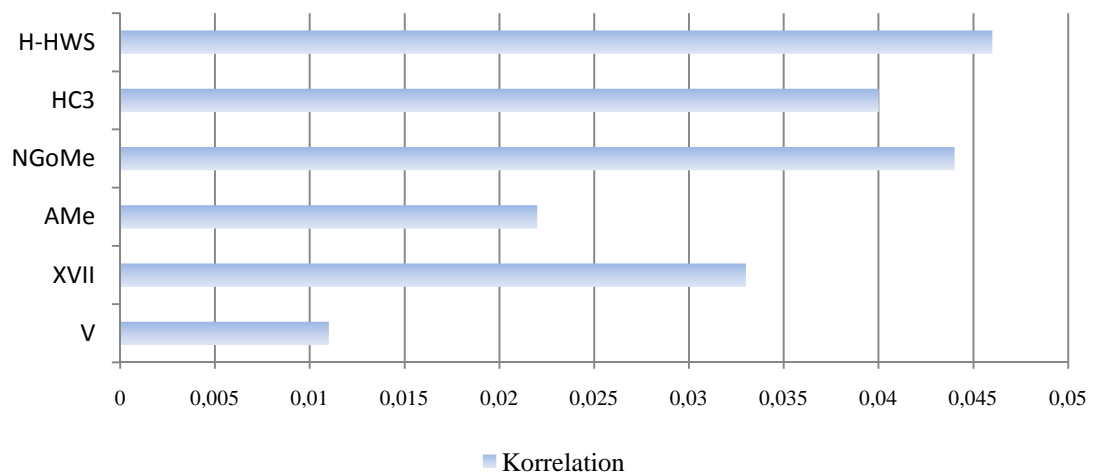
Das Wort „Ampel“, das erste Wort im zugrunde liegenden Sprachtest, korreliert mit Analysepunkten aus unterschiedlichen Bereichen: Beginnend mit drei Items aus der XX-Punktanalyse, die auf 5%-Niveau signifikant sind – dies sind die Fazialachse, die Position der oberen Schneidezahnkante und die Relation von Unterlippe zu E-Line – gefolgt von der vorderen unteren Gesichtshöhe, dem unteren Kieferwinkel und der Höhe des knöchernen Nasopharynx. Aus dem nasopharyngealen Bereich zeigt die Gesamtfläche des Nasopharynx 1, sowie die Adenoidfläche 1 und 2 Signifikanzen auf 0,01 - Niveau. Geringer signifikant sind die Gesamtfläche des Nasopharynx 2 und der Anteil der Adenoide im kranialen knöchernen Nasopharynx.



Korrelationen Testitem „Lampe“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Lampe	V	*
	XVII	*
	AMe	*
	NGoMe	*
	HC3	*
	H-HWS	*

Für das Testwort 3 „Lampe“ errechneten sich sechs für die Korrelationsanalyse relevante Ergebnisse, die alle im Signifikanz-Niveau von 0,05 liegen. Es sind diese die relative Mandibularlänge, die vertikale Molarendistanz, die vordere untere Gesichtshöhe, der untere Kieferwinkel, die posteriore Hyoidposition und der Abstand des Hyoid zur Halswirbelsäule.



Korrelation Testitem „Papagei“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Papagei	XVIII	*

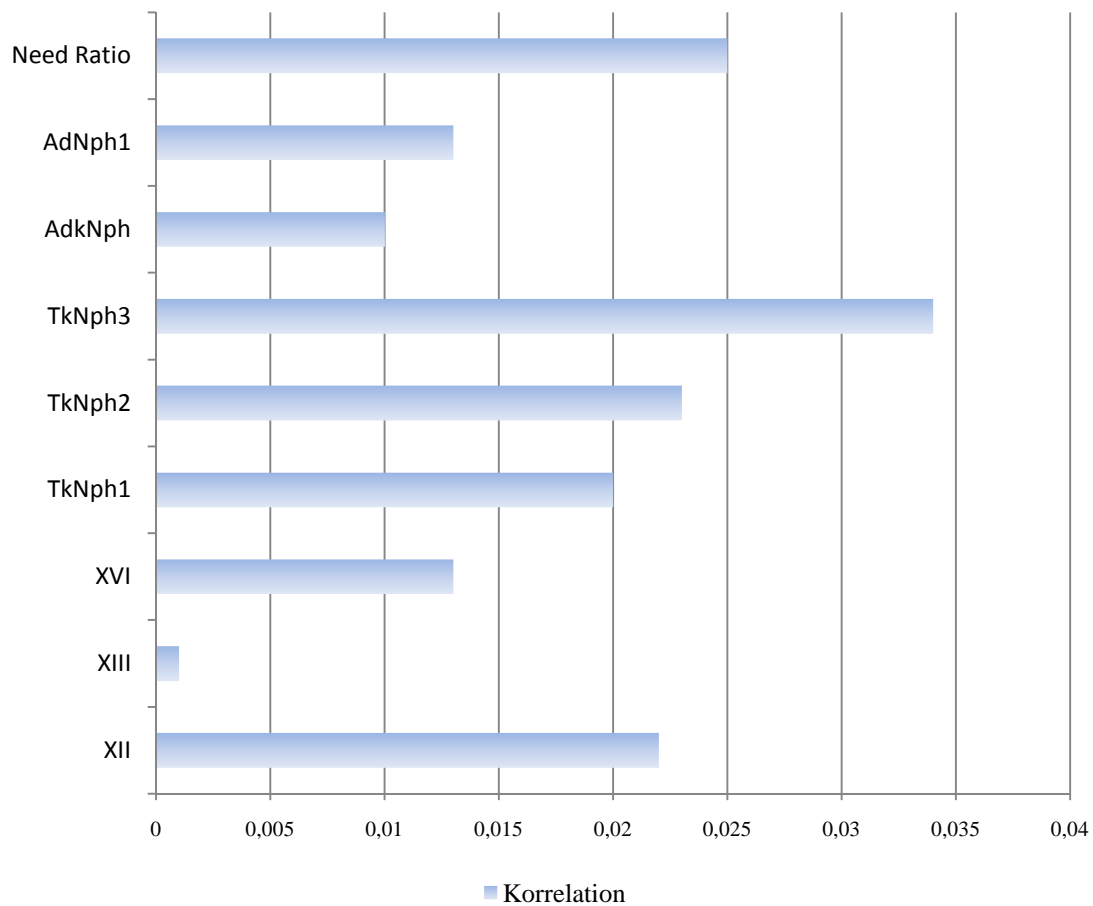
Der „Papagei“- Testwort Nummer 3 - korreliert mit der sagittalen Molarendistanz auf niedrigem Niveau ($p < 0,05$).

Korrelationen Testitem „Kakao“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Kakao	XII	*
	XIII	**
	XVI	*
	TkNph1	*
	TkNph2	*
	TkNph3	*
	AdkNph	*
	AdNph1	*
	NEED RATIO	*

Testwort Nummer 5 „Kakao“ korreliert überwiegend gering statistisch signifikant. Die Position der Schneidezahnkante unterer Inzisiven und der Interinzisalwinkel sind mit $p < 0,05$ nur gering statistisch bezeichnend. Das Item Inklination unterer Inzisiven liegt dagegen im Signifikanzbereich von $p < 0,01$.

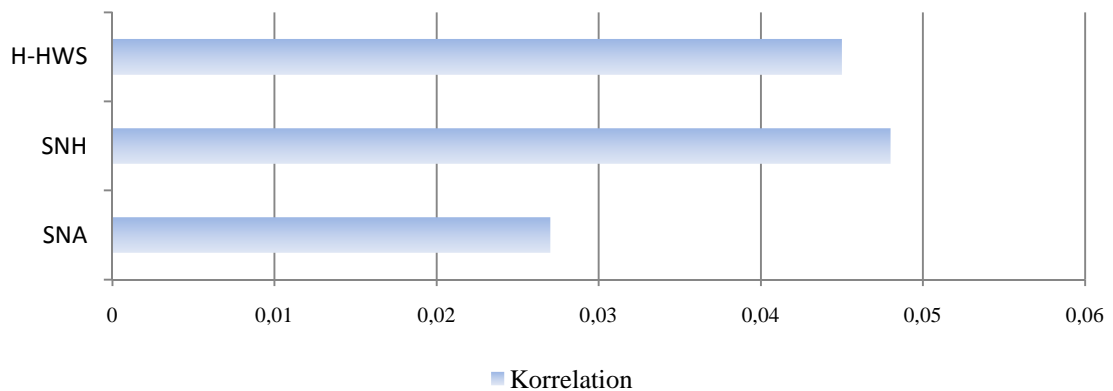
Die Tiefe des knöchernen Nasopharynx 1, 2 und 3 sind statistisch von etwas geringerer Signifikanz, ebenso der Anteil der Adenoide im kranialen knöchernen Nasopharynx, der Anteil der Adenoide im gesamten Nasopharynx und die NEED Ratio, das Verhältnis zwischen dem Abstand der Rachenhinterwand von der Spina nasalis posterior zur Velumlänge. Ihre Signifikanzniveaus liegen auf 0,05-Niveau. Die Grafik befindet sich auf der nächsten Seite.



Korrelationen Testitem „Keks“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Keks	SNA	*
	SNH	*
	H-HWS	*

Für das Testwort 6 „Keks“ liegen drei Ergebnisse vor: In der Mandibula-Region die relative Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis, im Zungenbereich die Hyoidposition zur anterioren Schädelbasis und der Abstand des Hyoid zur Halswirbelsäule. Grafische Darstellung siehe auf der nächsten Seite (Grafik nächste Seite).



Korrelation Testitem „Schoko“

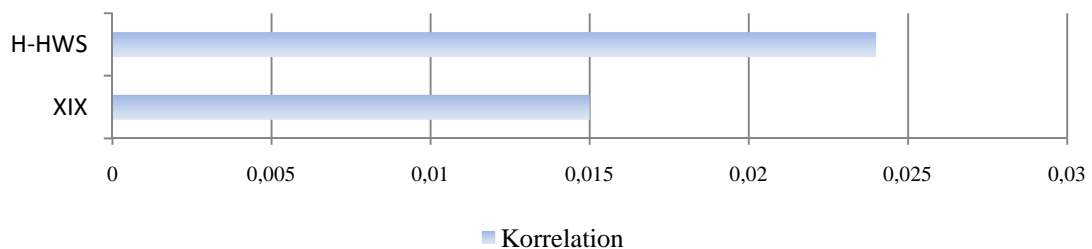
Testitem	Korrelation	Signifikanz
Schoko	XVII	*

Das Testitem Schoko korreliert auf 0,05%- Niveau statistisch mit dem Testitem der vertikalen Molarendistanz.

Korrelationen Testitem „Gut“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Gut	XIX	*
	H-HWS	*

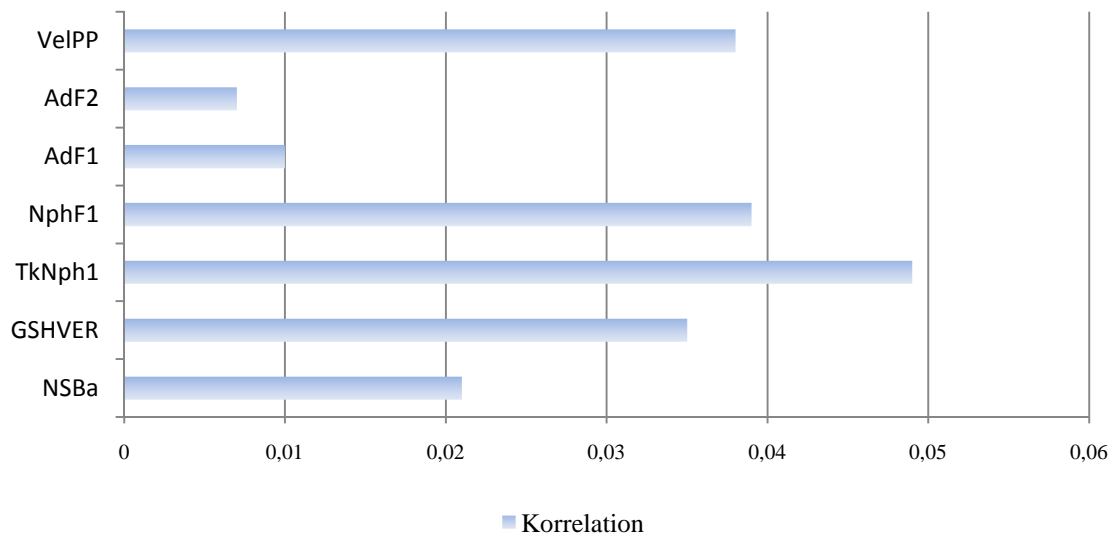
Für das achte Wort im Sprachtest fanden sich lediglich zwei signifikante Werte : Die Weichteilrelation Unterlippe zu E-Line und im Zungenbereich der Abstand zwischen Hyoid und Halswirbelsäule. Sie liegen jeweils im 0,05-Niveau.



Korrelationen Testitem „Zug“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Zug	NsBa	*
	GSHVER	*
	TkNph1	*
	NphF1	*
	AdF1	*
	AdF2	**
	VelPP	*

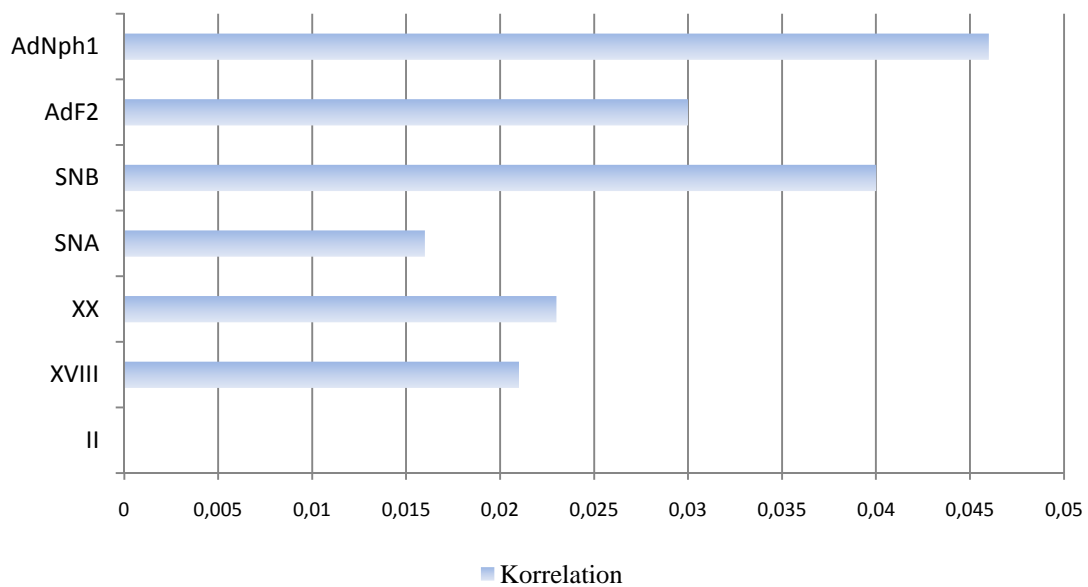
Testwort 9 „Zug“ korreliert mit dem Schädelbasiswinkel und dem Gesichtshöhenverhältnis schwach ($p < 0,05$), ebenso der Velumwinkel. Die nasopharyngeale Region korreliert schwach, hier mit der Tiefe des knöchernen Nasopharynx, der Gesamtfläche des Nasopharynx 1 und der Adenoidfläche 1. Die Adenoidfläche korreliert auf mittlerem Niveau ($p < 0,01$).



Korrelationen Testitem „Der Peter spielt auf der Straße“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Der Peter spielt auf der Straße	II	**
	XVIII	*
	XX	*
	SNA	*
	SNB	*
	AdF2	*
	AdNph1	*

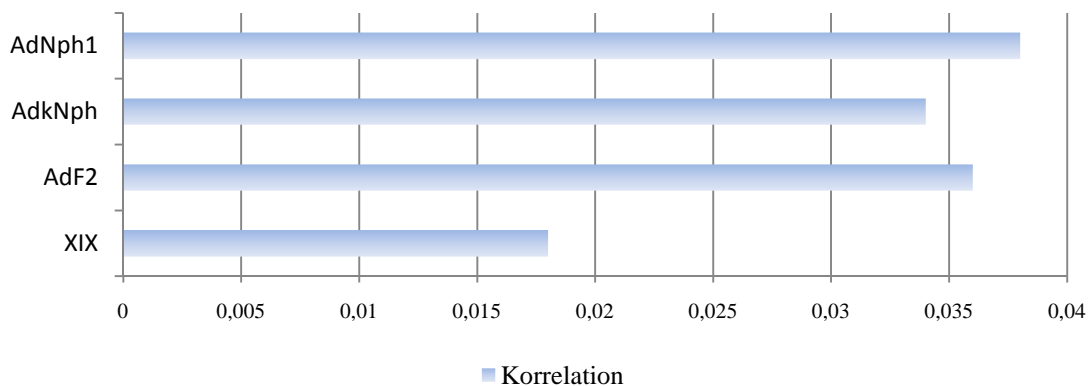
Für den nicht-nasalen Satz 1 „Der Peter spielt auf der Straße“ finden sich sieben Signifikanzen. Auf mittlerem Niveau ($p < 0,01$) liegt die Gesichtstiefe. Auf niedrigerem Niveau ($p < 0,05$) die sagittale Molarendistanz, die Oberlippenneigung, die relative Position des Ober- und Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis, die Adenoidfläche 2 und der Anteil der Adenoide im gesamten Nasopharynx.



Korrelationen Testitem „Der Peter trinkt die Tasse Kakao“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Der Peter trinkt die Tasse Kakao	XIX	*
	AdF2	*
	AdkNph	*
	AdNph1	*

Für den nicht-nasalen Satz „ Der Peter trinkt Kakao “ sind vier meist mit Flächen in Zusammenhang stehende Korrelationen – auf dem 0,05 Signifikanz-Niveau liegend - bestimmbar : Die Weichteilrelation aus der XX-Punktanalyse Unterlippe zu E-Line, dann die Adenoidfläche 2, der Anteil der Adenoide im kranialen knöchernen Nasopharynx und der Anteil der Adenoide im gesamten Nasopharynx.

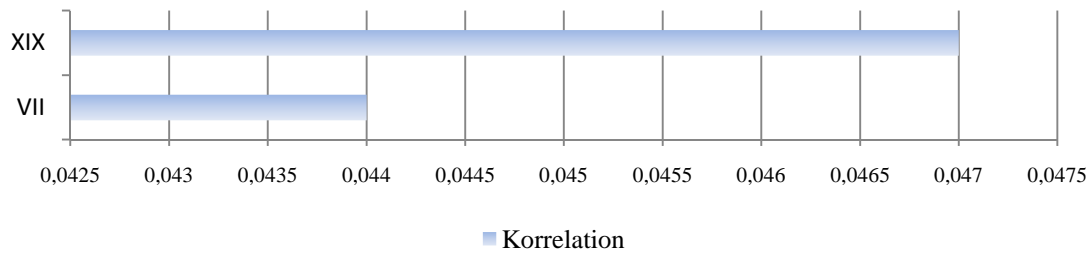


Korrelationen Testitem „Fritz geht zur Schule“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Fritz geht zur Schule	VII	*
	XIX	*

Das Testitem NNS 4, der nicht-nasale Satz „Fritz geht zur Schule“, stellt sich mit zwei Korrelationen auf 0,05 Signifikanz-Niveau ab. Beide Analysepunkte gehören zur XX-

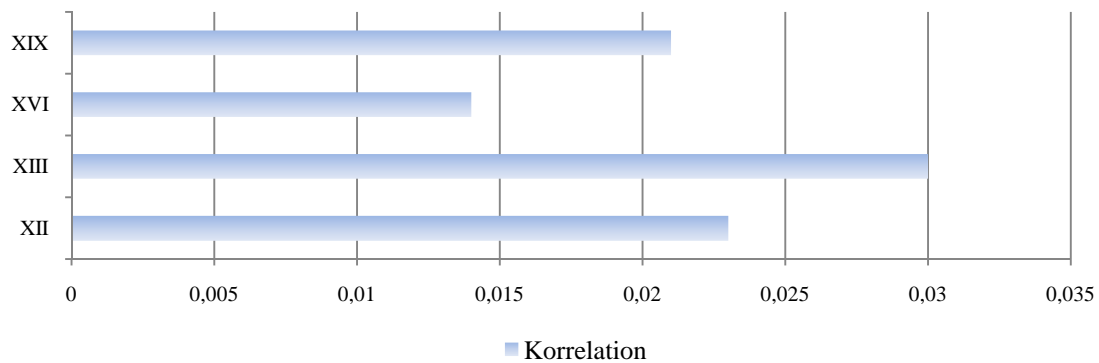
Punktanalyse. Es sind dies in der Maxilla das Palatinalplanum und die Weichteilrelation der Unterlippe zur E-Line.



Korrelationen Testitem „Die Schokolade ist sehr lecker“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Die Schokolade ist sehr lecker	XII	*
	XIII	*
	XVI	*
	XIX	*

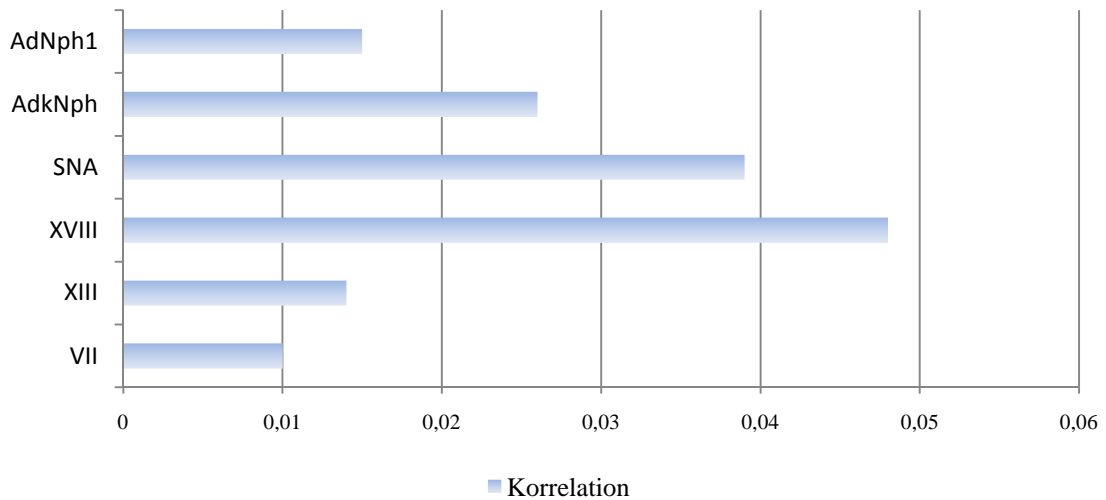
Berechnet man die Korrelation des nicht-nasalen Satz 5 „ Die Schokolade ist sehr lecker“, so erhält man vier Ergebnisse. Es sind zwei Zahnpunkte – die Position der unteren Inzisiven-Kante und die Inklination der unteren Inzisiven - ein Winkel – der Interinzisalwinkel - und eine Distanz im Weichteilbereich – die Distanz von Unterlippe zur E-Line. Sie korrelieren auf niedrigem Niveau ($p < 0,05$).



Korrelationen Testitem „Die Klara hält die Tasse Kaffee“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Die Klara hält die Tasse Kaffee	VII	*
	XIII	*
	XVIII	*
	SNA	*
	AdkNph	*
	AdNph1	*

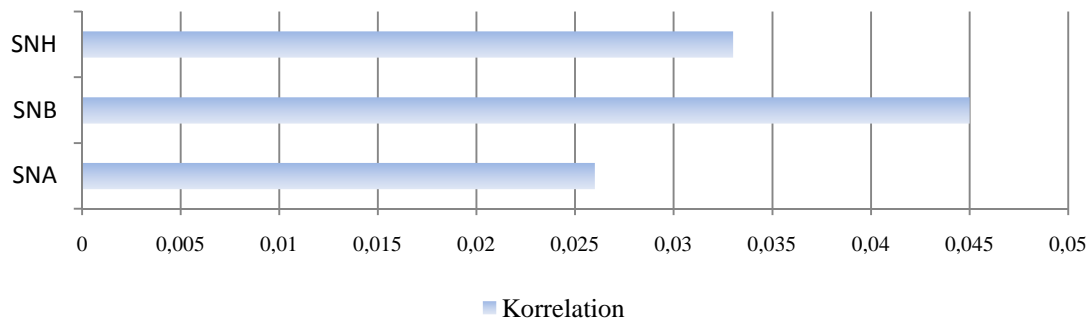
Eine Analyse des nicht-nasalen Satz 7 „ Die Klara hält die Tasse Kaffe “ ergibt folgende, auf dem 0,05 Signifikanz-Niveau liegende, statistisch signifikanten Werte : Aus dem Bereich der Schädel-Kieferrelation das Palatinalplanum, die dentalen Messwerte der unteren Incisiven-Inklination, die sagittale Molarendistanz und aus dem nasopharyngealen Bereich den Anteil der Adenoide im kranialen knöchernen Nasopharynx sowie den Anteil der Adenoie am gesamten Nasopharynx.



Korrelationen Testitem „Meine Mama macht Marmelade“

Testitem	Korrelation	Signifikanz
Meine Mama macht Marmelade	SNA	*
	SNB	*
	SNH	*

Die Auswertung des nasalen Satz 12 „Meine Mama macht Marmelade“ ergibt eine Korrelation mit drei von Hartgewebe bedingten Analysepunkten. Auf dem 5%-Signifikanz-Niveau befinden sich die Mandibula-Punkte der relativen Position des Unter- und die Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis, im Zungenbereich die Position des Hyoid zur anterioren Schädelbasis.



3.6.2 Ergebnisse der Regressionsanalyse

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Vorhersagbarkeit der Nasalanzwerte für einzelne Sprach-Items aus den unabhängigen Variablen der kephalometrischen Analyse, ermittelt durch schrittweise multivariate lineare Regression. r^2 dient dabei als quantitatives Maß für die Varianzaufklärung.

Abhängige Variable	Aufgenommene Variable	Signifikanz-Koeffizient	r^2
a (V 1)	VIII	0,003	0,134
	BaSpp	0,015	
e (V 2)	HHWS	0,006	0,132
	XIX	0,011	
o (V 4)	AdkNph	0,000	0,283
	NGoMe	0,002	
	III	0,033	
u (V 5)	AdkNph	0,012	0,176
p (K 1)	VelPP	0,000	0,257
	AdF1	0,021	
	XVII	0,033	
k (K 3)	AdF2	0,022	0,068
sch (K 4)	SNH	0,014	0,072
Ampel (W 1)	AdF1	0,005	0,160
	XIX	0,023	
Kakao (W 5)	VIII	0,005	0,244
	TkNph3	0,007	
Keks (W 6)	SNH	0,010	0,092
Schoko (W 7)	XVII	0,013	0,060
Gut (W 8)	HHWS	0,006	0,132
	XIX	0,011	
Zug (W 9)	AdF2	0,010	0,143

	GSHVER	0,041	
Der Peter spielt auf der Straße (NNS 1)	AdF2	0,029	0,167
Der Peter trinkt die Tasse Kakao (NNS 2)	AdkNph	0,034	0,058
Das Pferd steht auf der Weide (NNS 3)	XVI SNA XVII	0,025 0,017 0,020	0,150
Die Klara hält die Tasse Kaffee (NNS 7)	AdF1 VII XVI SNA XVII	0,016 0,046 0,025 0,017 0,020	0,181
nasalance ratio	II XX NMe SNA SNB AdF1 AdkNph HPP	0,001 0,721 0,348 0,043 0,097 0,265 0,007 0,036	0,463
nasalance distance	HMP II	0,005 0,007	0,199

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse der Regressionsanalyse in Gruppen unterteilen, die mit Weichteilen des äußeren Gesichts, Zahn-fixierten Punkten, Flächen des Pharynx und direkt ossären Items in Zusammenhang stehen. Hinsichtlich der Nasalanze ist sicherlich den velopharyngealen Items mehr Bedeutung beizumessen, als den äußeren, doch durch Mimik sehr variablen Weichteilen.

Die Analysepunkte Unterlippe zur Esthetic-Line (XIX) und Oberlippenneigung (XX) sind nach der XX-Punktanalyse von Prof. Ehmer Weichteilrationalen [56]. XIX wird allerdings von der Position des Unterkiefers bestimmt. Frontzähne prägen XX.

Zahn-fixierte Analysepunkte, die von den Positionen ihrer in die Messung mit einbezogenen Lokalisationen der Zähne beeinflusst werden, sind der Interinzisalwinkel (XVI) und die vertikale Molarendistanz (XVII).

Die Region des Pharynx kann selber noch einmal unterteilt werden in den Zungen -, nasopharyngealen und Adenoid-bedingten Bereich.

Der Abstand des Hyoids zur Halswirbelsäule (HHWS) und die Hyoidposition zur anterioren Schädelbasis (SNH) wurden den Testitems im Zungenbereich zugeordnet.

Die nasopharyngeale Tiefe des knöchernen Nasopharynx III (TknPH3) dem nasopharyngealen Kontext.

Adenoid-bedingt wurden folgende Analysepunkte errechnet : Anteil der Adenoide im kranialen Nasopharynx (AdknPH), die Flächen der Adenoide 1 und 2 (AdF 1 und 2) und der Winkel des Velums mit dem Palatinalplanum (VelPP).

Stark mit ossären Strukturen in Verbindung liegen die Gesichttiefe (II), der Mandibularplanumwinkel (III), das Palatinalplanum (VII), die relative Maxillarlänge (VIII), die Tiefe des knöchernen Nasopharynx (BaSpp) , der untere Kieferwinkel (NGoMe), das Gesichtshöhenverhältnis (GSHVER), die relative Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis (SNA), die relative Position des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis (SNB) und die vordere Gesichtshöhe (NMe).

Im weiteren Sinne hat das Hyoid über den Abstand zum Palatinalplanum (HPP) und den Abstand zum Mandibularplanum (HMP) eine Beziehung zu knöchernen Messpunkten.

Da R-Quadrat ein Gütemaß für die Regressionsanalyse ist, bietet sich eine Sortierung nach aufsteigender Güte an : W7, K3, K4, V2, W8, V1, W9, NNS3, NNS1, W1, V5, NNS7, Nasalance distance, W5, K1, V4, Nasalance Ratio.

3.7 Wachstumstyp und Nasalanz

Im Gruppenvergleich der horizontalen, vertikalen und neutralen Wachstumstypen gab es keine statistisch signifikanten Ergebnisse, die gravierende Differenzen zwischen den Nasalanzmessungen in diesen drei Gruppen nachweisen konnten.

Die Tabelle mit den entsprechenden Mittelwerten, Standardabweichungen und Signifikanz-Niveaus befindet sich im Anhang auf den Seiten X – XII.

3.8 Messfehler

Die zur Testung eines systematischen Fehlers durchgeführten T-Tests für verbundene Stichproben zwischen den jeweiligen Messserien konnten keinen systematischen Fehler nachweisen ($p > 0,05$). Die Tabelle im Anhang auf den Seiten XIV - XV stellt Mittelwert und Standardabweichung für die Differenz beider Messreihen ($n = 30$ doppelt ausgewertete FRS-Bilder), den Zufallsfehler nach Houston [32] und den kombinierten Methodenfehler nach Dahlberg [16] dar.

4. Diskussion

4.1. Messfehler und methodische Fehler

Die Bestimmung kephalometrischer Bezugspunkte ist grundsätzlich fehlerbehaftet [1, 12, 13, 22]. Es sind folgenden Fehlerarten zu unterscheiden [5] :

Radiographische Fehler, die röntgentechnisch und projektorisch bedingt sind (Parallaxenfehler, Verzerrungsfehler und Vergrößerungsfehler).

Identifikationsfehler, die durch fehlerhafte Interpretation der anatomischen Strukturen bedingt sein können. Hier spielen Identifizierbarkeit der Bezugspunkte und Übungsgrad der Untersucher eine Rolle [22].

Messfehler können z.B. durch fehlerhaftes Ablesen eines Lineals entstehen [28]. Durch die computerunterstützte Auswertung digitalisierter FRS-Bilder wurde in der vorliegenden Studie versucht, diesen Fehler auf ein Minimum zu reduzieren.

Auch in der vorliegenden Studie ist nicht auszuschließen, daß geringe Unterschiede der Einstelltechnik (Abstand, Kopfhaltung) während des Röntgens entstanden sind. Dies kann lineare Messungen durch einen veränderten Vergrößerungsfaktor beeinflussen und erschwert auch den Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren. Um diese Fehlerquelle zu minimieren, wurden sämtliche linearen Messungen an den patienteninternen Maßstab der Gesamtschädelbasislänge N-Ba adjustiert, wie dies auch Ross in seinen Multicenter-Studien praktizierte [44, 45, 46].

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Doppelmessungen von 30 zufällig ausgewählten FRS-Bildern bestätigten eine hohe Messgenauigkeit für fast alle erfassten Variablen. Für sämtliche Strecken- und Winkelmessungen ergaben sich nur geringe Differenzen und Standardabweichungen der Differenz zwischen beiden Messreihen von durchweg unter $0,8^\circ$ bei Winkelmessungen bzw. unter 0,8 mm bei linearen Messungen. Zu beachten ist, dass bei Flächenmessungen eine höhere Standardabweichung der Differenz zwischen beiden Messreihen festzustellen war. Flächenmessungen können somit als eher messfehleranfällig eingeschätzt werden. Diese erhöhte Varianz bei Flächenmessungen stellten auch Fiedler und Wermker in ihren Studien fest [25, 71].

Auch für den Zufallsfehler der Messung nach Houston [32] ergaben sich niedrige Werte, die mit der oben genannten Einschätzung korrelieren. Die sehr geringe Abweichung zwischen Zufallsfehler nach Houston [32] und kombiniertem Methodenfehler nach Dahlberg [16], der sowohl den systematischen als auch den zufälligen Fehler umfasst, kann so interpretiert werden, dass ein systematischer Fehler quasi nicht zu ermitteln war. Auch der t-Test für verbundene Stichproben konnte keinen systematischen Fehler nachweisen.

Insgesamt ist die Messgenauigkeit in der vorliegenden Studie als gut einzuschätzen und liegt in der gleichen Größenordnung wie in vergleichbaren kephalometrischen Studien, z.B. Stellzig-Eisenhauer [57].

Kritisch anzumerken bleibt, dass retrospektive Studien grundsätzlich mit dem Problem einer schlechteren Datenqualität als z.B. bei prospektiven Studien behaftet sein können [47].

4.2 Geschlecht und Nasalanze

Im Rahmen dieser Studie wurden die Daten von 55 weiblichen und 48 männlichen Probanden erhoben. Die statistische Analyse mittels der aus dem Sprachtest erhaltenen Nasalanzmessungen ergab keine statistisch signifikanten Differenzen zwischen beiden Geschlechtern.

Dies bedeutet, dass in dem Beobachtungszeitraum vom 6. bis zum 16. Lebensjahr, in einem Zeitraum nach der Pneumatisierung von Nebenhöhlen und etwa vor der Pubertät, keine Zusammenhänge zwischen dem Geschlecht und Nasalanze innerhalb dieses Studienkollektives festgestellt werden konnten.

Die Studien von Wermker [70] und Dalton [17] kommen zu demselben Ergebnis. Auch hier hat das Geschlecht keinen statistisch signifikanten Einfluß auf die Nasalanze.

In der Studie von Dunaj [23] wurde für weibliche Probanden eine Tendenz zu höheren Nasalanzmittelwerten festgestellt. Das Ergebnis dieser Studie entspricht der Aussage (siehe Tabelle VIII – X im Anhang).

4.3 Alter und Nasalanze

Die 103 Patienten waren im Mittel 12,8 Jahre alt. Der jüngste Proband war 7 Jahre alt, der älteste 20 Jahre. Nach Einteilung in drei Altersgruppen sind 35 % zwischen 6 – und 11 Jahren, 55,3 % 11 -16 Jahre und 9,7 % über 16 Jahre alt.

Zwischen diesen drei Gruppen und den aus dem Sprachtest gewonnenen Werten erhält man keine statistisch signifikanten Differenzen. Auch die Korrelationsanalyse konnte keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Nasalität und Nasalanze einerseits und dem Probandenalter andererseits feststellen.

Diese Erkenntnis deckt sich wiederum mit den Aussagen aus den Studien von Wermker [70] und Dunaj [23].

4.4 Kephalometrische Daten und Nasalanze

Die den FRS-Bildern entnommenen Messdaten wurden - nach zuvor durchgeführter Korrelationsanalyse zur Ermittlung potentieller Kandidatenvariablen - mittels multipler linearer Regression, einem nach Dibbets [19] probaten Mittel in der Analyse von kephalometrischen Studien, zur Vorhersagbarkeit von Daten aus einem Sprachtest hin untersucht.

Kephalometrische Daten sollten auf ihre Funktion als mögliche Einflussfaktoren und Prädiktoren auf die Nasalanze hin evaluiert werden.

Das Gütemaß R-Quadrat stellt dabei – als Anteil der Varianzaufklärung der vorhergesagten, abhängigen Variable – ein quantitatives Maß für die Bedeutung des Einflußfaktors (prädiktive unabhängige Variable) dar. Es ist das Quadrat des Korrelationskoeffizienten und gibt die Prozente der Varianz mit einem statistischen Zusammenhang an. Werte für r^2 über 50% weisen auf eine hohe klinische Relevanz hin, 30 – 50 % auf eine deuten auf geringere und weniger als 30 % auf einen schwachen Zusammenhang hin [57].

Das höchste Gütemaß mit einem R-Quadrat von 0,463 – also einer Varianzaufklärung von über 45 % - hatte die Nasalanze Ratio. Höchstes Signifikanzniveau erreichte die Gesichtstiefe (II nach Ehmer). Ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der nasalen Ratio, einem Verhältnis vom Nichtnasalen Satz 1 (Der Peter spielt auf der Straße) zum Nasalen Satz

8 (Nenne meine Mama Mimi) und dem ossär gestützten Winkel zwischen Frankfurter Horizontaler und der Strecke Nasion-Pogonion, liegt vor.

Mit hoher statistischer Signifikanz folgt der Anteil der Adenoide im kranialen Nasopharynx (AdkNpH). Dieser Anteil setzt sich zusammen aus dem Verhältnis von weichsgewebsfreien nasopharyngealem Luftraum (LRNpH) zum Anteil der Adenoide am gesamten Luftraum (AdNph1). Ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen einem Satzverhältnis und dem durch nasopharyngeale Strukturen bedingten Verhältnis ist somit errechnet worden. Die Bedeutung dieses Zusammenhang liegt sicherlich in dem zur Sprache benötigten freien Luftraum des Pharynx, und der weiteren Verteilung der Luft im zur Verfügung stehenden Resonanzraum. Dieser wird repräsentiert durch Adnph 1, einem Verhältnis von Adenoidfläche zur Gesamtfläche des Nasopharynx, von dem aus nasale und nichtnasale Sätze in unterschiedlichen Resonanzräumen ihren Klang finden.

Von mittlerer statistischer Signifikanz ist der Zusammenhang von Nasalance Ratio und dem Lot vom Hyoid auf das Palatinalplanum (HPP). Das an der Maxilla vermessene Palatinalplanum stellt praktisch die Unterseite des Nasenbodens da. Das Hyoid, dessen Position von Alter und Geschlecht abhängig ist [34, 54, 63] und eine Bedeutung für die Höhe der Stimme hat, kann durch den Schluckakt bewegt werden [40]. Daher erschließt auch seine geringe Bedeutung als hartes Parameter.

Weiter von mittlerer statistischer Signifikanz sind die relative Position des Oberkiefers und des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis (SNA und SNB) in Bezug auf die Nasalance Ratio. Durch die relative Position von Punkt A und Punkt B durch knöchern fixierte Ausgangspunkte ist vermutlich ein Rückschluß auf die Länge der angrenzenden Knochen und denen in ihnen ausgedehnten Resonanzhöhlen ziehbar und eine Beeinflußung von nasalen und nichtnasalen Sprachkomponenten z.B. durch Retro – oder Prognathie vorstellbar.

Von geringer statistischer Signifikanz ist die Adenoidfläche 1 (AdF1). Sicherlich ist die geringe Vorhersagbarkeit auf die geschlechtsspezifisch differenten Werte zurückzuführen. Vor dem Hintergrund des Stimmwechsels, der nach Clausnitzer [14] bei Mädchen zwischen dem 9. und 17. Lebensjahr, bei Jungen zwischen dem 10. Und 18. Lebensjahr – und nur bei diesen als Stimmkrise (detonierte und distonierte Stimme während des etwa 6 Monate langen Stimmbruchs) erscheinend – wirkt diese Überlegung recht eindeutig. Nach Wermker [70], Jeans et al.[33], Shen et al.[52] und Samman et al. [48] ist die Adenoidfläche 1 bei männlichen größer als bei weiblichen Probanden. Einheitlich Rückschlüsse ohne geschlechtsspezifische Differenzierungen würden zu verzerrten Ergebnissen führen.

Die vordere Gesichtshöhe (NMe) hat eine sehr geringe statistischen Signifikanz von $p = 0,348$. Im Bereich des Gesichtsschädels nimmt nach Wermker [70] dieser Wert an Größe bei beiden

Geschlechtern zu. Je nach Wachstumsstadium liegen demnach unterschiedlich typische Größen vor, die aber in der geschlossenen Betrachtung der Probandengruppe keine Niederschlag finden. Die Oberlippenneigung, Analysepunkt XX nach Ehmer, hat im Zusammenhang mit der Nasal Ratio den statistisch geringsten Wert mit $p=0,721$. Dieser Analysepunkt liegt weit von den Nasalanz prägenden Strukturen weg im vorderen Weichgewebe des Gesichtsteils noch vor den Zähnen und hat somit die geringste Auswirkung auf Nasalanz und den damit verbundenen Messungen.

Auf Rang 2 der höchsten r^2 -Werte liegt die Variable 4 „o“ des Sprachtests. Die Variable steht stark signifikant mit den Anteilen der Adenoide im kranialen Nasopharynx (AdkNph) und den beiden Winkeln NGoMe, dem unteren Kieferwinkel, und AnalysepunktIII nach Ehmer, dem Mandibularwinkel, in Zusammenhang. Spricht man den Vokal „o“ aus, so verändert sich der von Adenoiden beeinträchtigte Raum im kranialen Nasopharynx, dazu diskludieren die Zähne, der Mund wird leicht geöffnet, mit ihm bewegt sich der Unterkiefer. An diesem Knochen orientieren sich die Analysepunkte NGoMe und III. Daher liegt es nahe, einen statistisch signifikanten Zusammenhang zu erhalten. Nach Thordarson [61] gibt es im Alter von 6 – 16 Jahren keine Differenzen in angulären Messungen von FRS-Bildern bzw. nur geringe Korrelationen mit dem Alter [70]. Winkel sind nach Thordarson recht zuverlässige Testitems. Im folgenden Text werde ich sie als harte Parametern benennen und Strecken und Flächen den weichen zuordnen.

In der R-Quadrat –Rangfolge steht als 3. der Konsonant 1 „p“. Stark statistisch signifikant ist der Winkel zwischen Velum und Palatinalplanum (VelPP). Von mittlerer Signifikanz ist die Adenoidfläche 1 (AdF1) und die vertikale Molarendistanz (Analysepunkt XVIII nach Ehmer). „p“ ist ein Plosivlaut, bei dem ein palatinaler und velopharyngealer Verschluss, hier repräsentiert durch den Velumwinkel VelPP, von Bedeutung sind.

„ Beim Menschen entstehen die eigentlichen Sprachlaute ... durch Modulation im supralaryngealen Trakt ... dabei kommt dem Zusammenspiel der Artikulationsorgane bis zur Nase und den Mundlippen eine große Bedeutung zu “ [14]. Diese Aussage von Clausnitzer unterstreicht die Beziehung der supralaryngealen Strukturen, zu denen der Flächenmesswert AdF1 gehört, und ihren Zusammenhang mit Sprache, deren Nasalität via Nasalanz ein zu messendes Parameter ist. Die Adenoidfläche 1 ist auch in weiteren Studien in Bezug auf Sprache und Wachstum als signifikant erwähnt worden [2, 70, 71].

Das geringe Signifikanzniveau ist wohl Folge der stark alters –und wachstums-abhängigen Konstellation von Hart-und Weichgewebe im nasopharyngealen System [34, 35, 39, 73], die in unserer Gruppe vorlag und in der Berechnung nicht differenziert betrachtet wurde. Insbesondere die Involution adenoider lymphatischer Gewebe (Tonsilla pharyngea) mit zunehmenden Alter ist hier mit in Betracht zu ziehen.

Eine geschlechtsspezifische Abweichung der Flächenmerkmale zugunsten männlicher Probanden [33, 48, 54, 70] kann zu weiteren Beeinflußung innerhalb der beobachteten Gruppe führen.

Die Bedeutung der vertikalen Molarendistanz ist sicherlich differenzierter zu betrachten. Toshiya et al. [62] untersuchte die Verbindung von fehlenden Zähnen und deren Auswirkung auf die kraniofaziale Morphologie. Die Schädelbasis, genauer die gesamte, die vordere und die hintere Schädelbasislänge waren insgesamt kleiner, maxillär waren Nasion und A-Punkt retrusiver, mandibulär gab es keine statistisch signifikanten Differenzen zur Normgruppe. Die obere Molarenposition lag in der Hypodontie-Gruppe weiter zurück und höher positioniert als in der Vergleichsgruppe.

Das Vorhandensein von Zähnen beeinflusst demnach ossäre Größenausprägungen und dentale numerische Abweichungen führen zu einer Stellungsanomalie existierender Zähne.

Steht nun ein Zahn in seiner Position abweichend von der Norm, ist die Frage zu stellen, inwieweit der Knochen nach Dentition davon beeinflusst wird und welche Bedeutung ein höheres Palatinalplanum, welches vom Messpunkte des mesialen Wurzelapex weiter entfernt ist, auf den „supralaryngealen Trakt“ [62] hat, da Zähne sowie harter und weicher Gaumen zu den passiven Artikulatoren gehören [53]. In dieser Studie ergänzt die mittlere statistische Signifikanz einen anzunehmenden Zusammenhang zwischen der Zahnposition eines Molaren und dessen Bedeutung von des Plosivlautes „p“.

An 4. Stelle prägen die relative Maxillarlänge (Analysepunkt VIII nach Ehmer) und die Tiefe des knöchernen Nasopharynx 3 (TkNph3) einen Zusammenhang mit dem Wort 5 „Kakao“ des benutzten Sprachtest auf hohem Signifikanzniveau. Analysepunkt VIII liegt ein linearer Messwert zugrunde, gemessen zwischen Condylon und A-Punkt und er wird durch Wachstum größer [56].

Die Tiefe des knöchernen Nasopharynx wird als Winkel zwischen den Linien Tiefe des Nasopharynx (Arcus anterior atlantis und Sella, AA-S) und hintere obere Gesichtshöhe (S-Spp) gemessen.

Die Strecke S-Spp verläuft von der Spina nasalis posterior durch den dorsalen Bereich der Nasenhöhle zur Sella und erfaßt somit unspezifisch einen Teil des Nasenluftraumes. Der wird sicherlich zur Artikulation des Wortes „Kakao“ miteinbezogen - und erklärt das hohe Signifikanzniveau.

Die Strecke Condylon zum A-Punkt (VIII) vermittelt Informationen über die relative Länge der Maxilla. Da der Punkt Condylon bei doppelter Projektion auf den Röntgenfilm gemittelt wird [8] und auf einem zu Beginn der Mundöffnung durch Rotation im Kiefergelenk um einen Punkt recht ortsfesten Punkt steht, ist eine statistisch hohe Signifikanz nachvollziehbar und ein Zusammenhang möglich. Wie der Zusammenhang zwischen dem Wort 5 und der relativen Maxillarlänge zu sehen ist, erschließt sich aus der recht konstanten Oberkieferbasis.

Den 5. Rang nimmt die Nasalance Distance, die Spanne vom maximalen Nasalanzwert des Satzes 8 (Nenne meine Mama Mimi) zum minimal nasalen Satz 1 (Der Peter spielt auf der Straße) ein. Stark signifikante Zusammenhänge mit dem Abstand von Hyoid zum Mandibularplanum (HMP) und zur Gesichtstiefe (Analyspunkte II nach Ehmer) liegen vor.

Wermker [71] fand bezüglich des Messpunktes HMP bei männlichen Probanden und Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte eine kleinere Distanz zwischen Hyoid und Mandibularplanum heraus. Dies ist mit einer kranialeren und mehr anterioren Position des Hyoid einhergehend.

Die Gesichtstiefe (II), der Winkel gemessen zwischen Frankfurter Horizontale und der Strecke Nasion –Pogonion, dient der Bestimmung der UK-Position zum Schädel, einer Unterkiefer Rück – oder Vorlage. Mit dem Alter des Patienten wird er größer [56, 73].

Zwischen den Testitem, der die Hyoidposition berücksichtigt (HMP) und sich an einem Punkt am Unterkiefer orientiert (II) gibt es bezüglich der Spanne zwischen maximaler und minimaler Nasalanz eine recht starke Signifikanz.

„ Der primäre Kehlkopftön (Schwingung der Stimmlippen) wird in den supraglottischen Bezirken, im gesamten Pharynx ... sowie in Nasenhaupthöhle zu Vokalen und stimmhaften Konsonanten moduliert “ [53]. Bedenkt man, dass im Os hyoideum verankerte Stimmbänder dadurch indirekt ihre Lage und damit das Verhältnis zum Resonanzraum - der wiederum durch velopharyngeale Verschlüsse für nasale – und nichtnasale Phonation unterschiedlich genutzt wird - präsentieren und das Os hyoideum eine direkte muskuläre [40] und reproduzierbare Beziehung zum Unterkiefer hat [39], erscheint der errechnete Zusammenhang zwischen Nasal distance und Gesichtstiefe, sowie Hyoidabstand vom Mandibularplanum sehr eindeutig.

Nummer 6 im r^2 -Rang wird vom nichtnasalen Satz 7 (Die Klara hält die Tasse Kaffee) eingenommen. Die höchste statistische Signifikanz hat die Adenoidfläche 1 (AdF 1), in absteigender Reihe gefolgt von der Oberkieferposition zur vorderen Schädelbasis (SNA), dem Interinzisalwinkel (XVI nach Ehmer), der vertikalen Molarendistanz (XVII nach Ehmer) und der relativen Maxillarlänge (VII nach Ehmer).

Der nichtnasale Satz 7 enthält zahlreiche Konsonanten, deren Phonation durch aktiven Kontakt der Zunge mit dem harten Gaumen und Zähnen zustande kommt. Die starke Signifikanz mit den Zahn-gestützten Parametern Interinzisalwinkel und Molarendistanz, sowie die im Kontext mit dem Gaumen zu sehenden SNA-Winkel und die Maxillarlänge, untermauern diese These. In einer Studie zur kraniofacialen Veränderung während der Entwicklung von Norwegern im Alter von 6 – 16 Jahren wurde die Inklinationswinkel der Maxilla zur anterioren Schädelbasis sowie der Interinzisalwinkel bei Mädchen als statistisch signifikante Veränderung benannt [61]. Ähnliches berichtet Toshiya [62] in seiner Studie zu Hypodontie und kraniofacialer Morphology. Das hier zwischen den Geschlechtern kein erkennbarer Unterschied vorliegt, mag an dem Durchschnittsalter der Probanden, der Zahl derjenigen Jungen, die noch vor dem Stimmbuch sind, liegen.

Auf der 7. Position der r^2 -Skala steht Vokal 5 „u“. Er ist statistisch auf mittel-signifikantem Niveau mit dem Anteil der Adenoide am kranialen Nasopharynx (AdkNph).

In der Studie von Dunaj [23] hatte dieses Testitem den niedrigsten Nasalanz-Mittelwert. In der Studie von Küttner lag der Mittelwert im unteren Nasalanzfeld [36]. Meine Messungen bestätigen eine niedrige Nasalanz. Anstimmungen des Vokal „u“ ist stark mit der Aktivierung oraler Strukturen verbunden, weniger mit nasalen. Trotzdem zeigt sich eine mittlere Signifikanz der Anteile der Adenoide am kranialen Nasopharynx.

Auf Position 8 gelangt das Wort 1 „Ampel“. Statistische Zusammenhänge mit der Adenoidfläche 1 (AdF1) sind stark signifikant, mit der Unterlippe zur Esthetic Line (XIX nach Ehmer) weniger statistisch signifikant. Trennt man das Wort Ampel in zwei Silben auf, dominiert im ersten Teil eine lippengestützte Phonation, im zweiten nach Clausnitzer [14] Funktionsraumnutzung im mittleren Mundbereich. Übereinstimmend mit den genannten Signifikanzen ist dies ein möglicher Zusammenhang zwischen den Testitems.

Nummer 9 der Gütemaß-Rangfolge ist der Nichtnasale Satz 1 „ Der Peter spielt auf der Straße“. Von mittlerer statistischer Signifikanz ist der Zusammenhang mit der Adenoidfläche 2 (AdF2), einer dorso-caudalen Adenoidfläche. Dies ist insofern verwunderlich, da die Konsonanten „p“ und „s“ nach Clausnitzer im mittleren und vorderen Mundbereich gebildet werden. Vermutlich beeinflußt der hohe Anteil an Vokalen, beispielsweise im Wort „auf“ das Messergebnis.

In der R-Quadrat-Rangfolge auf Platz 10 steht der nichtnasale Satz 3 „ Das Pferd steht auf der Weide “. Mittlere statistische Signifikanzen für Interinzisalwinkel (XVI nach Ehmer) und vertikaler Molarendistanz (XVII nach Ehmer), sowie stärkerer mittlere Signifikanzen für die relative Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis (SNA), liegen vor.

Die Zahn-orientierten Punkte verwundern nicht weiter, da der Nichtnasale-Satz ja höhere orale als nasale Anteil hat. Die Maxilla, als Trägerin von gemessenen Molaren der vertikalen Molarendistanz und den Inzisiven im Oberkiefer, scheint als Antagonist der zur Phonation nicht-nasaler Laute benutzten Räume von Bedeutung zu sein. Clausnitzer erwähnt hier im vorderen Mundbereich die Konsonanten „m“, „p“, „b“, „w“, im mittleren Mundbereich „l“, „n“, „t“, „d“ und „s“ und im hinteren Mund-und Rachenbereich „k“, „g“ und „x“ [14]. Diese Konsonanten sind Teil der Worte des NNS 3. In diesem Zusammenhang ist die Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis von statistisch signifikanter Bedeutung.

Nummer 11 der R-Quadrat-Skala : Wort 9 „ Zug“ zeigt mittlere statistische Signifikanzen mit dem Gesichtshöhenverhältnis (GSHVER) und der Adenoidfläche 2 (AdF2). GSHVER ist der Quotient aus hinterer zur vorderer Gesichtshöhe (N-Me / S-Go), dessen Teilbereiche im Wachstumsalter stark signifikant für beide Geschlechter zunimmt [43, 70] . Adenoidfläche 2 ist ein komplexes Flächenmaß im Pharynx. Wermker [71] fand in seiner Studie heraus, dass zwischen dem GSHVER und der Zungenbeinposition zur vorderen Schädelbasis (S-N-H-Winkel) eine deutlich positive Korrelation vorliegt. Von den Endpunkten Menton und (konstruiertem) Gonion des Gesichtshöhenverhältnis ist das Hyoideum nicht weit entfernt, eine muskuläre Aufhängung des Hyoid am Unterkiefer ist in der Literatur beschrieben [40]. Ein entfernter Zusammenhang zwischen GSHVER und Wort 9 ließe sich so konstruieren.

Der Konsonant „g“, ein stimmhafter Gaumenlaut, wird nach Clausnitzer [14] im hinteren Mund – und Rachenraum gebildet. Das erklärt den signifikanten Zusammenhang mit der Adenoidfläche 2.

Gemäß der Rangliste folgt Vokal 1 „a“ an 12. Stelle. Von statistisch mittlerer Signifikanz sind die relative Maxillarlänge (VIII nach Ehmer) und die Tiefe des knöchernen Nasopharynx (BaSp) . „a“ ist ein Musterbeispiel für einen Vokal. Gemäß Siegmüller und Bartels [53] werden Vokale im Vokaltrakt gebildet. Hierzu gehört u.a. der Schlund mit Nasopharynx und Oropharynx.

Die relative Maxillarlänge, definiert durch die Strecke von Condylon zum A-Punkt am Oberkiefer, und die Strecke zwischen Basion und Spina nasalis posterior schneiden zumindest den Vokaltrakt, beschreiben ihn aber nicht direkt. Sie sind eher als ein Erklärungsversuch für diese Signifikanz, anstatt eines direkten Zusammenhangs der statistischen Bedeutung zu sehen.

An 13. Stelle der r^2 -Liste steht Vokal 2 „e“. Beinahe hochsignifikant ist der Abstand des Hyoid zur Halswirbelsäule (HHWS) , mittelstark signifikant ist die Distanz Unterlippe zu E-Line (XIX nach Ehmer). Die Strecke HHWS zeigt ja nach Wachstumstyp unterschiedliche Längen. Nach Wermker [71] ist die Strecke beim vertikalen Wachstumstyp kleiner. Grundlage des Rechenergebnisses zu „e“ sind alle drei Wachstumstypen, daher resultiert eine mögliche Verzeichnung der Signifikanz. Nach Stamm [56] wird die Weichteilrelation XIX durch die Position der Mandibula beeinflusst. Im Hinblick auf die zahlreichen muskulären Anteil von Gesicht und Lippen, den damit verbundenen multiplen Positionen der Lippe zur Zeit der Röntgenaufnahme, ist die auch noch von dem Faktor Mandibula beeinflusste Signifikanz der Weichteilrelation mit kritischer Wertung der Ergebnisse zu betrachten. Harte Parameter wie Winkel, weichere wie Strecken und noch weicherer wie Flächen haben sicherlich einen anderen Stellenwert, als mimisch variable Analysepunkte. Je nach Anspannung und Skepsis während der Röntgenuntersuchung dürfte eine gewisse Streuung der Unterlippenposition vorliegen. Eine geringe Signifikanz ist die Konsequenz.

Auf der R²-Quadrat-Skala folgt an 14. Stelle das Wort 6 „Keks“. Von statistischer mittlerer Bedeutung ist der Winkel zwischen Hyoid und anterioren Schädelbasis (SNH). Von fixierten Messpunkten Sella und Nasion wird der mobile Messpunkt Hyoid in die Messung des SNH-Winkels miteinbezogen. Je nach Situation während der Röntgenaufnahme könnte der Punkt H während des Schluckaktes – M. stylohyoideus hebt Zungenbein und Kehlkopf [40] - unterschiedlich lokalisiert sein. Hinzu kommt die bei beiden Geschlechtern je nach Alter und Entwicklungsstand unterschiedliche Position des Kehlkopfes [54, 62]. Zwei Einflußfaktoren können somit die Signifikanz des Zusammenhang von Wort 6 und dem Winkel SNH mindern.

An 15. Stelle steht Konsonant 4, das „sch“, welches eine mittlere statistische Signifikanz mit der Hyoidposition zur anterioren Schädelbasis (SNH) aufweist. Die Phonation des Zischlaut „sch“ erfordert erheblich weniger Mobilität des Kehlkopfes, als es bei Wort 6 „Keks“ nötig ist. Der Signifikanz-Koeffizient ist bei „Keks“ 0,010 und bei „sch“ 0,014. Die Signifikanz des Zusammenhangs von SNH und Konsonant 4 ist geringer. Überlegungen zur allgemeinen Bedeutung des Hyoidpunktes im Winkel SNH und dem Konsonanten 4 könnten dahingehen, dass es nur einen geringen, wenn nicht gar kein logischer Zusammenhang für das Ergebnis der Regressionsanalyse besteht und auch keine Vorhersagbarkeit sinnvoll ist.

Nummer 16 der r^2 -Skala, angelegt nach absteigendem Gütemaß, ist der Konsonant 3 „k“. Der Konsonant 3 ist einer im distalen Mund-Rachenbereich [14, 70] erzeugter Plosivlaut. Eine statistische Signifikanz im unteren mittleren Bereich ergab sich für den komplexen Testitem AdF2, der Adenoidfläche 2. Abbildung 1 entnehmend, schließt diese Fläche den Raum distal der Nasopharyngeal-Flächen ein und reduziert auch im Verhältnis deren mögliche Größenausdehnung. Eine direkte Auswirkung der Adenoidfläche 2 auf den palatinal erzeugten Plosivlaut „p“ ist somit von geringer Relevanz.

Vorletzter Rang, Rang Nummer 17, hat der nichtnasale Satz 2 „Der Peter spielt auf der Straße“ erreicht. Von geringer mittlerer statistischer Signifikanz ist der Anteil der Adenoide im kranialen Nasopharynx (AdkNph, entspricht weichgewebefreiem nasopharyngealem Luftraum geteilt durch den Anteil der Adenoide im gesamten Nasopharynx 1). Ein Satz, der einen hohen oralen Anteil in seiner Phonetik hat, bedeutet einen geringen mittleren statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem adenoiden, freien Luftraum im Verhältnis zum durch Gewebe belegten Nasopharynx. Das ist nachvollziehbar. Verkürzt gesagt : Wenn der Satz mehr durch den Mund gesprochen wird, ist die Situation im Nasopharynx von geringerer Bedeutung.

Den niedrigsten Rang auf der R-Quadrat-Skala hat der Testitem Wort 7 „Schoko“ erreicht. Von statistischer Signifikanz auf mittlerem Niveau ist die vertikale Molarendistanz (XVII nach Ehmer). Vertikale Molarendistanz bedeutet den Abstand des mesialen Wurzelapex des oberen ersten Molaren vom Palatinalplanum gemessen zu haben. Sicherlich besteht die Möglichkeit der konstanten Position des oberen ersten Molaren und der Konstanz des Oberkiefer – bedenkt man dazu die Aussage von Edward Hartley Angle (nach [56]) – aber je nach Nichtanlage oder

therapeutischer Extraktion führen Veränderungen in der Zahnanzahl zu Veränderungen in der kraniofazialen Morphologie. Nach Toshiya et al. [62] veränderten sich bei Nichtanlage von mindestens vier permanenten Zähnen Winkel und Längen. Im Vergleich zu vollständig bezahnten Japanern verringerte sich Schädelbasislänge und Winkel der Schädelbasis, die Maxillallänge war verkürzt, die Mandibula leicht aufwärts rotiert und die Schneidezähne reklinierten. Bedenkt man die starke Überlagerungssituation von Zähnen im FRS, so ist sicherlich der Messpunkt hinsichtlich seiner Messgenauigkeit geringer zu bewerten.

Insgesamt besteht daher die Möglichkeit einer großen Spanne an Messdaten, bedingt durch fehlen von Zähnen und kephalometrischen Variationen, so dass die statistische Signifikanz geringer ausgefallen ist und hinsichtlich Messgenauigkeit Winkeln und deutlicher erkennbaren Messpunkten unterliegt.

4.5 Schlussfolgerungen und klinische Relevanz

Die in dieser Studie verwendeten Messinstrumente gelten als allgemein etabliert.

Wermker überprüfte die Validität des NasalView®-Gerätes anhand von 95 Probanden [70], Bressmann betont die hohe Sensitivität und Spezifität des Messgerätes bei der Unterscheidung von Nasalität und Hypernasalität [7], Küttner schließt sich dem an [36].

Die Messdaten von Kopf und Hals können am lebenden Patienten anhand von Röntgenbildern gewonnen werden. Nachteilig ist hier zu bewerten, das ein dreidimensionales Gebilde, dessen Strukturen sich überlagern können und gemittelt werden dürfen [56] zweidimensional dargestellt sind oder durch physiologische Beweglichkeit Weichteile in ihrer Position variabel sind [57]. Ein großer Vorteil, gerade im Hinblick auf die Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung, ist die Einbindung von Fernröntgenseitenbildern in die kieferorthopädische Diagnostik, durch die die vermessenen Röntgenbilder dieser Studie überhaupt erst entstanden sind.

Überschaut man die Häufigkeit von FRS-Variablen, die als potentielle Einflussfaktoren auf Nasalität und Nasalanze evaluiert werden konnten, so fallen zahlenmäßig die vertikale Molarendistanz und der Anteil der Adenoide im kranialen Nasopharynx auf. Beide tauchten je vier mal im Rahmen der Regressionsanalyse als statistisch signifikante unabhängige Prädiktoren auf

Zweithäufigste Analysepunkte sind der Abstand der Unterlippe zur E-Line, die Adenoidflächen 1 und 2 und die Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis (je drei mal). Die R-Quadrat-Werte dieser Variablen sind aber klein und weisen auf einen eher geringen Zusammenhang mit der Nasalanz hin. Sie sind somit als eher untergeordnete Kofaktoren anzusehen. Bedenkt man den Einfluss vom Zahnpunkt XVI (Interinzisalwinkel) und dem Abstand der Unterlippe zur E-Line (XIX), so ist allein durch die räumliche Distanz zwischen ihnen und den Resonanzräumen der Nase ein geringer Zusammenhang erklärbar.

Adenoidflächen und Anteile der Adenoide am Nasopharynx haben einen viel direkteren Bezug zu den Luft – und Schall-leitenden Wegen des Menschen, scheinen aber auch auf die Nasalität bezogen, durch ihren geringen R-Quadrat-Wert bedingt, nicht von ausschlaggebend hoher Bedeutung zu sein.

Die Position des Oberkiefers zur vorderen Schädelbasis ist ein Winkel bzw. in der Skizze ein offenes Dreieck, dessen Schenkel zwischen S-N und N-A verlaufen und dadurch die Maxilla, praktisch den Boden des nasalen Resonanzraum, lokalisieren. Aber auch dieser Punkt ist in Bezug auf Nasalanz im Regressionsmodell von schwacher Bedeutung.

Die weiteren Punkte der Regressionsanalyse kommen einmal in dem Regressionsmodell vor und stehen in einem noch geringeren Zusammenhang.

Dunaj [23] formuliert es in seiner Studie deutlicher : „ ...bei Normalpersonen ...liegen keine direkten Zusammenhänge zwischen einzelnen oder mehreren skelettalen Parametern und Nasalität“ vor.

Müssig und Pröschel [42] hatten den velopharyngealen Abschluss in Abhängigkeit von der Gesichtsmorphologie bei Spaltpatienten erforscht und signifikante Zusammenhänge in ihrem Patientengut zwischen Verschlussqualität und Neigung des Oberkiefers und der mittleren Schädelbasis beobachtet. Bei erkrankten Patienten ist die verständliche Sprache von der Beweglichkeit und Länge des Velums und dem funktionsgerechten velopharyngealen Verschluss abhängig. Im Erwachsenenalter bilden sich adenoidbedingte Kompensationsmechanismen zurück und der knöcherne Aufbau von nasopharyngealen Strukturen tritt in den Vordergrund. Signifikant schlechtere Velopharynxfunktionen fanden Müssig und Pröschel bei stark geneigtem Clivus und nach vorn geneigten Oberkiefern.

Stellzig [58] erkannte in ihrer Studie zu Hyperrhinophonie und Gesichtsschädelaufbau signifikante Bedeutung für die Länge bzw. Kürze des Velums für Hyperrhinophonie. Die sogenannte „need ratio“, das Verhältnis von Abstand des hinteren Oberkieferbereiches von der Rachenhinterwand zur Velumlänge, ist ein statistisch hochsignifikanter Testitem. Auch Prognathie des Oberkiefers und Schwenkung der Oberkieferbasis nach unten führen zu verstärkt nasalem Klang der Sprache.

Bei Normalpersonen ohne Lippen-, Kiefer- oder Gaumenspalten – wie dem in der vorliegenden Arbeit analysierten Probandengut - scheinen also skelettale Strukturen für Nasalanz und Nasalität von geringerer Bedeutung zu sein.

Wermker [71] untersuchte den nasopharyngealen Bereich auf Zusammenhänge mit anderen röntgenkephalometrischen Analysepunkten bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten und einem Kontrollkollektiv.

Im Kontrollkollektiv fand er viele komplexe und altersabhängige Zusammenhänge zwischen velo- und nasopharyngealen Parametern und Schädelbasiskonfiguration, Gesichtsschädelaufbau und Oberkieferposition.

In der Spaltgruppe stellten sich zur Kontrollgruppe deutliche Unterschiede heraus : Spaltpatienten hatten eine maxilläre Retroposition, eine kürzere Maxilla, den hinteren Oberkieferkomplex weiter nach hinten und oben eingebaut, das Velum ist kürzer, die Nasopharynxhöhe ist flacher, nasopharyngeale Areale, Gesichtsschädelaufbau und Wachstumstyp sind eher als vertikal zu beschreiben.

Für die Therapie betont er, gerade mit Hinblick auf Wachstumszentren des Schädels, die Bedeutung eines frühzeitigen Behandlungskonzeptes, das „alle beteiligten paranasalen, perioralen, und velopharyngealen Strukturen möglichst physiologisch rekonstruiert“.

Bei Spaltpatienten liegt also eine Hart- und Weichgewebs-Veränderung vor, die bezogen auf Nasalität und Näseln eine Kompensation des nasalen Sprechklanges erschwert.

Im Gegensatz zu gesunden Probanden ohne Spaltbildung liegt doch deutlich häufiger eine suboptimale Funktion des velopharyngealen Verschlussmusters vor – und zwar wie schon erwähnt in Abhängigkeit von Spaltart und –ausmaß sowie von OP-Technik und Therapiekonzept. Während also der gesunde Proband einen für den velopharyngealen Verschluss potentiell ungünstigen skelettalen Aufbau noch problemlos muskulär kompensieren kann, gelingt dies dem LKG-Patienten evtl. nicht mehr.

Dies erklärt, warum die Zusammenhänge zwischen Gesichtsschädelaufbau und Sprache bzw. Nasalanz in den LKG-Studien (z.B. Stelzig Eisenhauer [57]) stärker erschienen als hier feststellbar : Es handelt sich um eine scheinbar stärkere Korrelation, der entscheidende muskuläre Mechanismus wird jedoch nicht berücksichtigt ! Statistisch gewinnen die FRS-Variablen somit zwar an Gewicht, nicht jedoch hinsichtlich kausaler Zusammenhänge.

Stelzig-Eisenhauer zieht hieraus den klinischen Rückschluss, über eine kieferorthopädische Wachstumsbeeinflussung (Funktions-KFO) sei somit auch eine bessere Voraussetzung für die Sprache im Hinblick auf Resonanzstörungen wie das Näseln erreichbar [57].

Dieser Umkehrschluss erscheint jedoch unter Berücksichtigung der Ergebnisse an gesunden Kollektiven (Dunaj [23] und die vorliegende Studie) zweifelhaft : Die kephalometrischen Variablen - weich- und hartgewebige Parameter des Gesichtsschädels unter Einschluss velo- und nasopharyngealer FRS-Messungen – sind als Kofaktoren bei der Entstehung von Resonanzstörungen wie der Hypernasalität zu diskutieren. Die Varianzaufklärungen dieser Studie mit Werten zwischen 10 % und 50 % deuten darauf hin, dass der wesentliche Hauptfaktor für Nasalität und Nasalanz via FRS nicht erfasst wurde.

Dies ist für den Kliniker aber nicht überraschend : Die muskuläre velopharyngeale Funktion in ihrer gesamten 3-Dimensionalität ist entscheidend, und sie zu erfassen gelingt zuverlässig i.d. Regel nur über die klinische Untersuchung inkl. Nasoendoskopie. Dies war aber auch nicht Ziel dieser Studie.

Für den LKG-Patienten bleibt eines entscheidend : die möglichst physiologische Rekonstruktion von hartem und weichem Gaumen zur Etablierung eines zuverlässigen velopharyngealen Verschlussmusters. Unbehandelt können sogar Wachstumsdefekte die Folge sein [15].

Nichtsdestotrotz macht es Sinn, kephalometrische Parameter als Kofaktoren nicht ganz ausser Acht zu lassen.

In Bezug auf die Studie zum Einfluß kephalometrischer Parameter auf Nasalität und Nasalanz in einem gesunden Normkollektiv liegen zudem hiermit nun Vergleichsdaten von nicht näselsenden jungen Patienten vor, deren kephalometrische Daten zur Orientierung vor und während der Therapie von Spaltpatienten genutzt werden können – wie eingangs als weiteres Studienziel formuliert.

Überraschend ist das Vorkommen von zahngestützten Punkten mit geringem Zusammenhang zu Nasalanze und Nasalität. Toshiya [62] bemerkt in seiner Studie zu Hypodontie und kraniofazialer Morphologie geringerer Schädelbasis-Längen und kleinere Winkel, kürzere Maxillae und eine leichte Prognathie. Thordason [61] fand in seiner Studie an 6 – 16 jährigen Probanden u.a. größere Unterschiede in der Inklination unterer Schneidezähne zwischen Norwegern und Isländern heraus. Leider führte er keine Nasalanzmessung durch. Es wäre wünschenswert zu erforschen, wie zum Beispiel ein Interinzisalwinkel und die vertikale Molarendistanz oder allgemein Zähne und Zunge sich auf Nasalanze und Nasalität auswirken bzw. ob und wie dort ein therapeutischer Ansatz von Hyperrhinophonie zu gestalten sei. Hier bietet sich möglicherweise Potential für weitergehende Untersuchungen und Studien.

5. Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, den Einfluß von Geschlecht, Alter, Wachstumstyp und kephalometrischen Parametern auf Nasalität und Näseln anhand eines jungen, gesunden, großen, hochdeutschen Normkollektiv zu erforschen.

Dazu wurden insgesamt 103 Probanden - von denen 55 weiblichen und 48 männlichen Geschlechts waren, im Mittel 12,8 Jahre alt - gebeten, an einem dem Heidelberger Sprachtest angelehnten Experiment teilzunehmen. Gegenstand waren Vokale, Konsonanten, Worte und Sätze. Mittels eines etablierten Nasalanze-Messgerätes (NasalView®) wurden die Testitems analysiert.

Vorliegende aktuelle FRS-Röntgenbilder der Probanden wurden computergestützt ausgewertet. Relevante Strecken, Winkel und Flächen in Hart – und Weichgewebe des Kopf- und Halsbereiches inklusive velo- und nasopharyngealer Strukturen wurden statistisch auf Signifikanz untersucht und ihre Bedeutung in Bezug auf die aus dem Sprachtest erhaltenen Daten diskutiert.

Geschlecht und Nasalanze zeigten in dieser Studie keine statistisch signifikanten Zusammenhänge. In dem dieser Studie zugrunde liegendem hat das Geschlecht damit keine Bedeutung für Nasalanze.

Alter und Nasalanz im Patientenkollektiv mit einer starken Repräsentation von über 50 % in einem Altersfeld von 11 -16 Jahren, wiesen ebenso keinen statistischen signifikanten Zusammenhang miteinander auf. In der untersuchten jungen Patientengruppe ist die Nasalanz vom kalendarischen Alter unabhängig.

Wachstumstypen und Nasalanz ergaben im Vergleich der einzelnen Gruppen untereinander keine statistisch signifikanten Ergebnisse. Der Wachstumstyp der Studienteilnehmer ist in dieser Studiengruppe nicht bedeutsam für die Nasalanz.

Nasalanz und weitere kephalometrische Parameter zeigen unterschiedlich starke signifikante Korrelationen. Sie sind in Hinsicht auf ihre logischen Zusammenhänge und ihre basierende Messweise kritisch zu beurteilen. Winkel sind von Verzerrungen sicherlich weniger beeinflussbar als Strecken oder von Strecken eingeschlossenen Flächen. Weichgewebe ist mobiler als Hartgewebe, daher auch von muskulären Einflüssen betroffen. Gesichtstiefe, der Velumwinkel und der Anteil der kranialen Adenoide im kranialen Nasopharynx sind für den Zusammenhang von Nasalanz und röntgenologisch erfassbaren Strukturen von höchster Signifikanz.

Dabei konnten weichgewebige Strukturen wie die Adenoide und skelettale Parameter wie die Oberkieferposition und -länge sowie einige Wachstumswinkel (z.B. die Gesichtstiefe) durchaus als mögliche Kofaktoren bezüglich des Einflusses auf Nasalität und Nasalanz festgestellt werden.

Unbeeindruckt davon bleibt der muskuläre velopharyngeale Verschlussmechanismus für sprechsprachliche Defizite wie Resonanzstörungen – zu denen das Näseln zählt – gerade für Patienten mit strukturellen Defiziten in diesem Bereich wie z.B. Lippen-Kiefer-Gaumenspalten der entscheidende Faktor für eine möglichst unfällige Sprachentwicklung.

6. Literaturverzeichnis

1.	Altuna G, Freisfeld M, Schmuth G (1970) The application of the computer for the calculation of individual errors in roentgen cephalometrics. Europ Orthodont Soc Trans 46 : 519
2.	Arens R et al. (2002) Linear Dimensions of Upper Airway Structure. American Journal of Respiratory and critical Care Medicine, Vol 165 : 117 -122
3.	Awan SN (1997) Analysis of Nasalance : Nasal View Clinical Phonetics and Linguistics. London, Whurr-Publishers : 518 – 525
4.	Awan SN (1998) Nasal View® -User´s Manual, 4 th Version, Tiger DRS Inc., Seattle
5.	Baumrind S, Frantz R (1971) The reability of head film measurements. Am J Orthodont 69 : 111
6.	Braitenberg V, Pulvermüller F (1992)Entwurf einer neurologischen Theorie der Sprache. Die Naturwissenschaften, Vol 79, S. 103 – 117
7.	Bressmann T, Sader R, Awan S, Busch R, Zeilhofer H-F, Brockmeier J, Horch H-H (1998) Nasalanzmessung mit dem NasalView bei der Therapiekontrolle von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Sprache Stimme Gehör 2, 98 – 106
8.	Bressmann T (1999) Nasalance Distance and Ratio : Two new Measurement.Cleft Palate – Craniofacial Journal Vol. 37, No.3 : 249-258
9.	Bressmann T, Sader R (2000) Nasalität und Näseln, Logopädie 8: 22-23
10.	Bressmann T, Sader R, Awan SN, Busch R, Zeilhofer HF, Horch HH (1999) Quantitative Hypernasalitätsdiagnostik bei LKG-Patienten durch computerisierte Nasalanzmessung. Deutsche Zeitschrift für MKG-Chirurgie, Supplement, 3 : 154
11.	Bressmann et al. (2004) Comparison of Nasalance Scores Obtained With the Nasometer, the NasalView, and the OroNasal System. The Cleft Palate-Craniofacial Journal: 2004 Vol. 42, No. 4, pp. 423 – 433
12.	Broadway E, Healy M, Poyton H (1966) The accuracy of tracings from cephalometric lateral skull radiographs. Dent Pract 12 : 422
13.	Buschang P, Tanguay R, Patterson D, Demirjian A (1984) Cephalometric reliability : a comparison of two measurement methods. Am J Phys Anthrop 63 : 142

14.	Clausnitzer V und R (1997) Logopädie für Studierende und Praktiker. Hüthig GmbH Heidelberg
15.	Crapp J, Foster T (1977) Growth defects in unrepaired unilateral cleft lip and palate. Oral Surg 44 : 329 – 335
16.	Dahlber G (1940) Statistical methods for medical and biological students. New York, Interscience Publ.
17.	Dalton R, Litzaw L (1992) The Effect of gender upon nasalance scores among normal adult speakers. J Comm Disord 25: 55 – 64
18.	Deetjen/ Speckmann (1994) Physiologie. Urban und Schwarzenberg Verlag. 2. Auflage
19.	Dibbest J (1997) Multiple Linear Regression as an Analytical Tool in Cephalometric Studies. British Journal of Orthodontics Vol. 24:61-66
20.	Diefenbacher und Frank (2006) Einfach Lernen ! Statistik. Ventus publishing
21.	Dirscherl und Werbick (1999) Der dreieinige Gott, Predigten mit Hintergrund, Donauwörth
22.	Drescher D (1994) Kephalmetrie und Profilanalyse. Aus Schmuth G (Hrsg.) Praxis der Zahnheilkunde, Band 11, Urban & Schwarzenberg, München – Wien – Baltimore, 3. Auflage
23.	Dunaj A, Stellzig-Eisenhauer A (2004) Zusammenhang zwischen Gesichtschädelaufbau, velopharyngealer Morphologie und Nasalanz bei Personen ohne angeborene Fehlbildungen im orofazialen Bereich. Inaugural-Dissertation Universität Würzburg
24.	Doil H (2002) Die Sprachentwicklung ist der Schlüssel. Inaugural-Dissertation, Universität Bielfeld
25.	Fiedler F (1990) Die Entwicklung im nasopharyngealen Bereich bei Patienten mit einseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten . Eine röntgenkephalometrische Langzeitstudie. Inaugural-Dissertation Universität Freiburg i. Breisgau
26.	Fletcher S (1970) Theory and instrumentation of quantitative measurement of nasality. Cleft Palate J, 13 : 601 – 609
27.	Fletcher S (1976) Nasalance vs listener judgement of nasality Cleft Palate J,13 : 31 – 44
28.	Haas (2002) Physik für Pharmazeuten und Mediziner. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 6. Auflage
29.	Hallmeyer S (2008) Über das Wachstum des Clivus.

	Inaugural-Dissertation Universität Marburg an der Lahn 2008
30.	Heinecke und Köpke (2007) Jumbo, Java-unterstützte Münsteraner Biometrie-Oberfläche, Universität Münster
31.	Hinrichsen K (1990) Humanembryologie. Springerverlag Berlin Heidelberg New York, 1. Auflage
32.	Houston W (1983) The analysis of errors in orthodontics measurement. Am J Orthodont 83 : 382 – 390
33.	Jeans W, Fernando D, Maw A, Leighton B (1981) A longitudinal study of the growth of the nasopharynx and its contents in normal children. Br J Radiol 54 (638) : 117 – 121
34.	Johnston C, Richardson A (1999) Cephalometric changes in adult pharyngeal morphology. European Journal of Orthodontics 21 : 357 – 362
35.	Kluemper T (1995) Nasorespiratory characteristics and craniofacial morphology. European Orthodontics Society 17 : 491 -495
36.	Küttner C et al. (2003) Objektive Messung der Nasalanz in der deutschen Hochlautung. HNO 51 : 151 -156
37.	Langmann (1989) Medizinische Embryologie Georg Thieme Verlag Stuttgart, 8.Auflage
38.	Lohninger H (2008) Grundlagen der Statistik. Springer-Verlag Berlin
39.	Malkoc S (2005) Reproducibility of airway dimensions and tongue and hyoid positions on lateral cephalograms. Am J Orthod Dentofacial Orthop 128:513 -517
40.	Moll (2003) Anatomie.17. Auflage 2003, Urban & Fischer Verlag
41.	Müller R, Beleites T, Hloucal U, Kühn M (2000) Objektive Messung der normalen Nasalanz im sächsischen Sprachraum. HNO Springer-Verlag 2000
42.	Müssig D, Pröschel U (1993) Die Qualität des velopharyngealen Abschlusses in Abhängigkeit von der Gesichtsmorphologie bei LKG-Spalten. Fortschr. Kieferorthopädie 54 : 101 -107
43.	Onyx Ceph™ Version 2007, Image Instruments GmbH, Olbernhauer Str. 5 D 09125 Chemnitz
44.	Ross R (1986) Growth prediction on cleft lip and palate. Transactions of the British Craniofacial Society International Conference
45.	Ross R (1987) Treatment variables affecting growth in cleft lip and palate : part 1-7. Cleft Palate J 24 : 1 -79
46.	Ross R (1995) Growth of the facial skeleton following the Malek repair for

	unilateral cleft lip and palate. Cleft Palate Craniofac J 32 : 194 -198
47.	Sachs L (1999) Angewandte Statistik : Anwendung statistischer Methoden. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 9. Auflage
48.	Samman N, Mohammadi H, Xia J (2003) : Cephalometric norms for the upper airway in healthy Hong-Kong Chinese. Hong Kong Med J 9 : 25 – 30
49.	Sapir E (2009) Grundlagen Linguistik www.fb10.uni-bremen.de/khwagner/Grundkurs1/linguistik1.htm
50.	Schischkoff G (1991): Philosophisches Wörterbuch. Alfred Kröner Verlag, Stuttgart
51.	Scion Image Manual, Scion Corporation, 82 Worman's Mill Ct., Suite H Frederick, MD 21701
52.	Shen GF, Samman N, Qiu W, Tang Y, Xia J, Huang Y (1994) Cephalometric studies on the upper airway space in normal Chinese. Int J Oral Maxillofac Surg 23 : 243 – 247
53.	Siegmüller und Bartels (2006) Leitfaden Sprache, Sprechen, Stimme, Schlucken. Elsevier-Verlag
54.	Smahel Z, Sabik D, Tomanova M (1998) Basic characteristics of the Postnatal Development of Human Cranium. Anthropologie 36 : 235 – 249
55.	SPSS Inc. Headquarters, 233 S. Wacker Drive, 11th floor, Chicago, Illinois 60606
56.	Stamm T (2000) Kieferorthopädie, 4.Auflage
57.	Stellzig-Eisenhauer A (2001) The influence of cephalometric parameters on resonance of speech in cleft lip and palate patients. An interdisciplinary study. J Orofac Orthop 62 : 202 -223
58.	Stellzig A, Komposch G (1994) Hyperrhinophonie und Gesichtsschädelaufbau – kephalometrische Analyse. Fortschr. Kieferorthopädie 55 : 181 – 185
59.	Swinscow T (1997) Statistics at Square One, Revised by M J Campbell, University of Southampton, 9 th Edition
60.	Tesak J (2007) An den Grenzen der Logopädie. Schulz-Kirchner Verlag GmbH 2007, 1. Auflage
61.	Thordarson A, Johannsdottir B, Magnusson T (2006) Craniofacial changes in Icelandic children between 6 and 16 years of age – a longitudinal study .The European Journal of Orthodontics 2006 28(2):152-165
62.	Toshiya E, Sugako Y, Rieko O, Koji K, Shohachi S (2004) Association of advanced hypodontia and craniofacial morphology in Japanese orthodontic patients.

	Odontology 92:48–53
63.	Tourne L (1991) Growth oft he Pharynx and its Physiologic Implications. American Journal of Dentofacial Orthopedics 99 : 129 – 139
64.	Trampisch und Windeler (1997) Medizinische Statistik, Springer Verlag
65.	Vrticka K (1995) Nasalität und Näseln. ORL Highlights 2 : 8 – 14
66.	Watterson T (1998) Nasalance and Nasality in Low Pressure and High Pressure Speech. Cleft Palate – Craniofacial Journal Vol. 35 No.4 : 293 -299
67.	Wendler, Seidner, Kittel, Eysholdt (1996) Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. Thieme Verlag
68.	Weiß und Bauer (2004) Promotion – Die medizinische Doktorarbeit. Thieme Verlag, 2.überarbeitet Auflage
69.	Wermker (2004) Eine klinisch prospektive Studie zur objektiven Hypernasalitätsdiagnostik mit dem NasalView-System bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Inaugural-Dissertation Universität Münster
70.	Wermker, Kozeluh, Joos (2005) Objektive Diagnostik von Hypernasalität bei LKGS-Patienten mit dem NasalView®-System. Forum Logopädie, Januar 2005 S. 6-13
71.	Wermker K (2009) Nasopharyngeale Entwicklung bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Inaugural-Dissertation Universität Münster
72.	Wikipedia Sprache (2009) www.wikipedia.org/wiki/Sprache
73.	Yavuz I et al. (2004) Longitudinal Posterioranterior Changes in Transverse and Vertical Craniofacial Structrues between 10 and 14 Years of Age. Angle Orthodontist Vol 74, No 5:624-630
74.	Zetkin (1999) Lexikon der Medizin , Ullstein Medical16. Auflage

7. Danksagung

Danken möchte ich Prof. Dr. Dr. Dr. h.c. U. Joos und Prof. Dr. Dr. J. Kleinheinz für die Überlassung des Themas und die zur Nutzung bereit gestellten Geräte der Abteilung für Mund- und Kiefergesichtschirurgie.

Vielen Dank Priv.-Doz Dr. Th. Stamm für die zur Verfügung gestellten Räume in der Abteilung der Kieferorthopädie, Software, Hardware, Patienten und Röntgenbilder, sowie die Übernahme des Koreferates.

Des weiteren gilt mein Wort des Dankes Frau S. Kozeluh für die Benutzung ihrer Räumlichkeiten in der logopädischen Abteilung des Universitätsklinikums und die freundlichen Antworten bei Fragen zur Logopädie.

Herzlichen Dank P. Ramthun für sein überdurchschnittliches, tageszeitunabhängiges Engagement bei akuten Problemen mit Hardware und diffiziler Software.

Herzlichen Dank Frau Treus, der geduldigen und freundlichen Leistellenassistentin an der kieferorthopädischen Patientenaufnahme. Ohne ihre Einweisung in das Patientenbestellbuch und in die Patientenverwaltungssoftware hätte ich sicherlich nie diese Anzahl von Patienten finden können.

Ganz herzlicher Dank gilt Dr. Dr. K. Wermker, dem exzellenten Betreuer dieser Studie. Ich wünsche Ihm beruflich und privat eine glänzende Zukunft.

Besonders herzlichen Dank möchte ich meinen lieben Eltern aussprechen. Vielen Dank für die Freiheiten und den Lebensweg den sie mir ermöglicht haben.

Und zum Schluß möchte ich Charlie, der das Ende dieser Dissertation leider nicht mehr erlebt hat, für die Begleitung während der Physika, der Examina und während des Schreibens dieser Dissertation danken.

Anhang

Patientenfragebogen	I – III
Alter und Nasalanze	IV- VI
Geschlecht und Nasalanze	VII – IX
Gruppenvergleich Wachstumstyp und Nasalanze	X – XII
Messfehlerbestimmung	XIII – XV

In den folgenden Tabellen bedeuten :

- n : Anzahl (Probandenzahl)
 \bar{x} : (arithmetischer) Mittelwert
SD : Standardabweichung

AUSWERTUNGSBOGEN

Nasalanzmessung mit dem Nasal View®

Patientendaten : Nachname : _____

Vorname : _____ ggf. Patientenaufkleber

Geb.-Datum : _____ bitte hier einkleben

Geschlecht : männlich weiblich

Nasalanzmessung am _____ durchgeführt von _____

FRS - Bild befindet sich : im Haus bei _____

Patient / Erziehungsberechtigter willigt einer Anforderung der Röntgenbilder ein ,

Unterschrift : _____

Grunderkrankung : _____

Kurzbefund :

Erkrankungen der Nase :

ja nein

Akute Erkrankungen der Nasen, Nasennebenhöhlen, des Rachens oder der Bronchien ?

Erkrankungen der Ohren :

ja nein

Schwerhörigkeit : ja / nein

- Schalleitungs - / Mittelohrschwerhörigkeit

- sensorische / Innenohr - Schwerhörigkeit

- sonstige _____

Audiometrie vom _____ mit Hörverlust in db re : _____ li : _____

- Mittelohrerkrankungen :

Paukenröhre : aktuell _____ früher _____

Erkrankungen der Lunge :

ja nein

Asthma bronnhiale

Allergisches Asthma

Allergien : _____

Bisherige Operationen im Kopf-Hals-Bereich (mit Datum und Ort) :

ja nein

Rachenmandeln (Adenotomie)

Gaumenmandeln (Tonsillektomie)

Dysgnathie - OPs :

Ohren :

Nasen und Nasennebenhöhlen :

Frakturen :

Weitere Operationen :

Weitere Therapien in der Mundhöhle :

Logopädische Behandlungen :

ja nein

Abgeschlossene Behandlung

Diagnose : _____

Von _____ bis _____ Häufigkeit der Sitzungen _____ pro Woche

pro Monat

Behandelnder / Zentrum _____

Bemerkungen :

Laufende Behandlung

Diagnose : _____

Von _____ bis _____ Häufigkeit der Sitzungen _____ pro Woche

pro Monat

Behandelnder / Zentrum : _____

Bemerkungen :

Patientencompliance bei der Nasalanzmessung :

Sehr gut bis gut

Ausreichend

Mangelhaft

Bemerkungen :

Dialektischer Einfluß / Herkunft : _____

Die folgende Tabelle zeigt die drei Altersgruppen überprüft auf signifikante Differenzen der Nasalanzmesswerte

Altersgruppe		I (6-11J)	II (11-16 J)	III (> 16 J)	Sig
n =		36	57	10	-
Vokal a	\bar{x}	16,45	18,72	19,83	-
	SD	6,25	6,96	6,15	-
Vokal e	\bar{x}	17,40	19,74	14,87	-
	SD	10,23	12,43	6,30	-
Vokal i	\bar{x}	23,83	28,53	20,78	-
	SD	10,30	15,20	7,99	-
Vokal o	\bar{x}	12,50	14,29	11,40	-
	SD	6,29	9,15	5,37	-
Vokal u	\bar{x}	18,40	21,49	18,28	-
	SD	10,01	10,90	7,66	-
Konsonant p	\bar{x}	23,46	24,32	27,93	-
	SD	9,20	8,47	8,43	-
Konsonant t	\bar{x}	16,12	16,62	17,14	-
	SD	5,70	6,60	8,73	-
Konsonant k	\bar{x}	17,10	17,26	17,63	-
	SD	5,35	5,67	6,00	-
Konsonant sch	\bar{x}	17,12	16,56	14,11	-
	SD	4,50	4,28	3,15	-
Ampel	\bar{x}	33,49	34,40	35,13	-
	SD	5,50	5,45	7,78	-
Lampe	\bar{x}	32,91	33,39	33,82	-
	SD	4,56	5,27	7,40	-
Papagei	\bar{x}	19,36	20,90	18,95	-
	SD	3,55	4,93	5,33	-
Teetasse	\bar{x}	17,54	18,27	18,71	-
	SD	3,54	4,33	5,67	-

Kakao	\bar{x}	16,00	16,78	16,61	-
	SD	3,64	4,00	3,76	-
Keks	\bar{x}	19,57	20,42	19,68	-
	SD	4,29	4,85	3,78	-
Schoko	\bar{x}	18,07	18,32	17,23	-
	SD	5,70	5,15	4,07	-
Gut	\bar{x}	21,04	22,05	20,94	-
	SD	6,77	6,49	4,34	-
Zug	\bar{x}	20,76	21,16	22,50	-
	SD	5,38	5,91	8,82	-
Der Peter spielt auf der Straße	\bar{x}	19,98	20,29	20,60	-
	SD	3,34	4,08	4,67	-
Der Peter trinkt die Tasse Kakao	\bar{x}	25,91	26,01	19,19	-
	SD	3,43	5,06	4,38	-
Das Pferd steht auf der Weide	\bar{x}	19,19	19,82	19,98	-
	SD	3,68	3,82	5,02	-
Fritz geht zur Schule	\bar{x}	21,49	21,74	22,66	-
	SD	3,87	4,22	7,37	-
Die Schokolade ist sehr lecker	\bar{x}	17,36	18,78	18,28	-
	SD	3,30	3,64	5,40	-
Der Affe fährt Fahrrad	\bar{x}	19,34	19,63	19,75	-
	SD	4,12	3,97	2,20	-
Die Klara hält die Tasse Kaffee	\bar{x}	19,79	19,47	18,81	-
	SD	4,03	3,79	3,51	-

Nenne meine Mama Mimi	\bar{x}	58,39	59,44	55,32	-
	SD	5,76	4,96	11,13	-
Mama und Nina naschen Marmelade	\bar{x}	46,39	46,94	45,99	-
	SD	5,65	4,34	7,96	-
Meine Mama trinkt Milch	\bar{x}	48,78	48,90	45,55	-
	SD	4,67	5,24	8,01	-
Neun Nonnen nennen nie einen Namen	\bar{x}	58,37	61,33	58,20	-
	SD	6,71	5,26	8,14	-
Meine Mama macht Marmelade	\bar{x}	42,56	43,08	41,16	-
	SD	4,60	5,33	9,29	-
nasalance ratio	\bar{x}	0,34	0,34	0,37	-
	SD	0,06	0,08	0,04	-
nasalance distance	\bar{x}	38,41	39,14	34,72	-
	SD	5,95	6,28	7,44	-

Die folgende Tabelle stellt die Nasalanzmesswerte im Geschlechtervergleich dar :

	Geschlecht	N	\bar{x}	SD	p – Wert Gruppenvergleich
Vokal a	weiblich	55	17,85	6,21	
	männlich	48	18,25	7,27	0,361
Vokal e	weiblich	55	19,63	12,48	
	männlich	48	17,10	9,63	0,062
Vokal i	weiblich	55	26,52	14,90	
	männlich	48	25,69	11,33	0,213
Vokal o	weiblich	55	14,37	9,34	
	männlich	48	12,26	5,89	0,050
Vokal u	weiblich	55	20,43	11,55	
	männlich	48	19,72	8,90	0,198
Konsonant p	weiblich	54	23,80	9,45	
	männlich	48	25,01	7,91	0,450
Konsonant t	weiblich	55	16,38	6,07	
	männlich	47	16,63	6,98	0,664
Konsonant k	weiblich	55	17,32	5,56	
	männlich	47	17,14	5,57	0,889
Konsonant sch	weiblich	54	16,45	4,07	
	männlich	48	16,59	4,60	0,497
Ampel	weiblich	55	34,55	5,86	

	männlich	48	33,70	5,51	0,679
Lampe	weiblich	55	34,03	5,71	
	männlich	48	32,39	4,51	0,023
Papagei	weiblich	55	20,59	4,29	
	männlich	48	19,69	4,86	0,388
Teetasse	weiblich	55	18,05	4,03	
	männlich	48	18,06	4,42	0,955
Kakao	weiblich	55	16,38	3,88	
	männlich	48	16,61	3,82	0,731
Keks	weiblich	54	19,92	4,12	
	männlich	48	20,21	5,03	0,107
Schoko	weiblich	54	17,62	4,98	
	männlich	48	18,72	5,50	0,536
Gut	weiblich	55	20,82	5,96	
	männlich	48	22,46	6,80	0,924
Zug	weiblich	55	20,60	6,01	
	männlich	47	21,79	6,03	0,901
Der Peter spielt auf der Straße	weiblich	55	20,19	3,49	
	männlich	48	20,23	4,29	0,404
Der Peter trinkt die Tasse Kakao	weiblich	55	25,63	3,27	
	männlich	48	26,63	5,50	0,103
Das Pferd steht auf der Weide	weiblich	55	19,64	3,93	
	männlich	47	19,57	3,84	0,828
Das Pferd steht auf der Weide	weiblich	54	21,74	4,53	
	männlich	47	21,73	4,32	0,796
Die Schokolade ist	weiblich	55	18,19	3,41	

sehr lecker	männlich	47	18,27	4,14	0,236
Der Affe fährt Fahrrad	weiblich	55	19,60	3,42	
	männlich	47	19,47	4,36	0,175
Die Klara hält die Tasse Kaffee	weiblich	55	19,69	3,74	
	männlich	46	19,31	3,96	0,872
Nenne meine Mama Mimi	weiblich	55	59,80	5,00	
	männlich	48	57,38	7,00	0,100
Mama und Nina naschen Marmelade	weiblich	55	47,13	5,50	
	männlich	48	46,11	4,82	0,365
Meine Mama trinkt Milch	weiblich	54	49,23	5,21	
	männlich	47	47,79	5,49	0,542
Neun Nonnen nennen nie einen Namen	weiblich	54	60,36	6,33	
	männlich	47	59,57	6,10	0,914
Meine Mama macht Marmelade	weiblich	54	43,66	5,52	
	männlich	47	41,65	5,33	0,760
nasale ratio	weiblich	55	,34	0,06	
	männlich	48	,36	0,08	0,361
nasale distance	weiblich	55	39,60	5,16	
	männlich	48	37,15	7,31	0,077

Die folgende Tabelle zeigt den Gruppenvergleich für die Nasalanzen je nach Wachstumstyp :

Variable	Einheit		Wachstumstyp			Sign.
			vertikal	neutral	horizontal	
		N	20	51	32	
V1	%	\bar{x}	18,82	17,56	18,29	-
		SD	6,56	6,14	7,70	
V2	%	\bar{x}	17,58	18,86	18,35	-
		SD	9,98	11,03	12,62	
V3	%	\bar{x}	24,31	26,92	26,02	-
		SD	9,85	6,83	8,55	
V4	%	\bar{x}	13,02	13,14	13,99	-
		SD	9,84	6,83	8,55	
V5	%	\bar{x}	19,79	20,35	19,88	-
		SD	11,51	10,21	10,16	
K1	%	\bar{x}	22,96	24,05	25,75	-
		SD	7,13	8,84	9,50	
K2	%	\bar{x}	16,85	16,41	16,40	-
		SD	6,77	6,32	6,73	
K3	%	\bar{x}	16,84	17,22	18,14	-
		SD	4,66	5,56	5,97	
K4	%	\bar{x}	17,23	16,72	15,72	-
		SD	5,07	4,46	3,46	
W1	%	\bar{x}	32,47	34,50	34,63	-
		SD	5,50	5,95	5,34	
W2	%	\bar{x}	31,77	33,31	34,13	-
		SD	4,37	5,07	5,86	
W3	%	\bar{x}	20,57	19,47	21,02	-

		SD	5,70	3,75	4,92	
W4	%	\bar{x}	17,62	17,60	19,05	-
		SD	2,67	4,04	5,10	
W5	%	\bar{x}	15,86	16,52	16,84	-
		SD	2,94	3,33	4,98	
W6	%	\bar{x}	20,35	20,38	19,37	-
		SD	4,15	4,84	4,39	
W7	%	\bar{x}	18,53	17,41	19,01	-
		SD	5,81	4,46	5,93	
W8	%	\bar{x}	21,76	21,04	22,36	-
		SD	7,68	5,56	6,87	
W9	%	\bar{x}	21,10	20,43	22,30	-
		SD	4,45	6,15	6,62	
NNS1	%	\bar{x}	21,27	19,80	20,22	-
		SD	5,82	3,14	3,38	
NNS2	%	\bar{x}	26,76	26,00	25,84	-
		SD	7,55	3,43	3,31	
NNS3	%	\bar{x}	20,40	19,36	19,51	-
		SD	4,15	3,46	4,34	
NNS4	%	\bar{x}	21,40	21,85	21,77	-
		SD	4,04	4,14	5,11	
NNS5	%	\bar{x}	18,51	17,94	18,50	-
		SD	3,82	3,46	4,20	
NNS6	%	\bar{x}	19,38	19,30	20,02	-
		SD	3,84	3,50	4,46	
NNS7	%	\bar{x}	19,17	19,67	19,50	-
		SD	4,10	3,69	3,97	
NS8	%	\bar{x}	58,37	58,25	59,53	-
		SD	4,66	6,76	5,88	
NS9	%	\bar{x}	46,58	46,37	47,16	-

		SD	4,38	4,35	6,79	
NS10	%	\bar{x}	49,38	48,30	48,44	-
		SD	4,81	4,85	6,45	
NS11	%	\bar{x}	60,31	59,20	61,01	-
		SD	5,25	5,48	7,67	
NS12	%	\bar{x}	42,012	43,07	42,64	-
		SD	4,80	5,57	5,90	
NRATIO	%	\bar{x}	0,37	0,34	0,34	-
		SD	0,12	0,05	0,05	
NDIST	%	\bar{x}	37,09	38,46	39,31	-
		SD	8,36	6,21	5,06	

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse der Messfehlerbestimmung für die 30 zufällig ausgewählten und doppelt vermessenen FRS-Bilder dar :

Variable	Differenz beider Messreihen		Fehler	
	\bar{x}	S	n. Houston	n. Dahlberg
I :	-0,11	0,52	0,36	0,37
II :	0,30	0,44	0,36	0,39
III :	-0,09	0,52	0,40	0,41
IV :	0,13	0,56	0,39	0,40
V :	0,19	0,61	0,47	0,47
VI :	-0,21	0,66	0,47	0,49
VII :	0,13	0,56	0,39	0,40
VIII :	0,18	0,44	0,31	0,33
IX :	0,10	0,60	0,43	0,44
X :	-0,17	0,59	0,42	0,44
XI :	-0,09	0,48	0,33	0,35
XII :	0,13	0,56	0,39	0,40
XIII :	-0,01	0,58	0,41	0,41
XIV :	-0,12	0,47	0,34	0,35
XV :	0,19	0,61	0,47	0,47
XVI :	0,03	0,51	0,38	0,38
XVII :	-0,04	0,42	0,31	0,29
XVIII :	0,10	0,60	0,43	0,44
XIX :	-0,05	0,60	0,42	0,43
XX :	-0,08	0,52	0,39	0,40

NBa	0,09	0,58	0,41	0,41
SBa	0,12	0,58	0,41	0,42
NS	-0,05	0,50	0,36	0,36
NSBa	-0,12	0,58	0,41	0,42
SSpp	-0,04	0,60	0,42	0,43
NA	0,10	0,60	0,42	0,43
AMe	0,04	0,64	0,48	0,49
NMe	-0,05	0,60	0,42	0,44
SGo	-0,06	0,65	0,46	0,47
GSHVER	-0,05	0,68	0,48	0,48
SppA	0,23	0,58	0,41	0,44
SppSpa	0,18	0,44	0,31	0,33
SNA	-0,31	0,61	0,43	0,48
SNB	0,10	0,59	0,43	0,44
ArGoMe	-0,04	0,59	0,39	0,39
NGoMe	0,04	0,60	0,42	0,42
SAA	0,15	0,60	0,43	0,44
HoHo1	0,02	0,59	0,41	0,40
BaSpp	0,12	0,54	0,38	0,39
AASpp	-0,08	0,52	0,39	0,40
TkNph1	-0,14	0,41	0,30	0,29

TkNph2	0,03	0,42	0,29	0,30
TkNph3	-0,05	0,48	0,34	0,34
NphF1	0,62	13,18	9,22	9,23
NphF2	1,32	24,29	18,12	18,08
AdF1	-0,23	11,02	7,28	7,28
AdF2	-0,22	12,98	9,48	9,51
AdkNph	-0,09	3,32	2,34	2,33
AdNph1	-0,10	2,24	1,59	1,59
SppU	-0,08	0,42	0,30	0,30
Sppad4	-0,10	0,46	0,32	0,33
VelPP	-0,19	0,70	0,48	0,49
NeedRat	-0,18	1,67	1,18	1,16
Airway	-0,09	0,48	0,33	0,35
HRGN	0,13	0,56	0,39	0,40
HC3	-0,01	0,58	0,41	0,41
H-H´	-0,12	0,47	0,34	0,35
HS	0,19	0,61	0,47	0,47
SNH	0,03	0,51	0,38	0,36
HMP	-0,04	0,42	0,31	0,29
HPP	0,10	0,60	0,43	0,42
HHWS	-0,10	0,51	0,39	0,39