

Aus der Hals- Nasen und Ohrenklinik der Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.- Professor Dr. med. M.L. Jörg Schipper

**Untersuchungen zur morphologischen
Variationsbreite der Nase (n= 949) und zur
temperaturgesteuerten Dynamik ihrer Binnenstrukturen (n=19)**

D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung des Grades eines Doktors der

Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich- Heine- Universität

Düsseldorf

vorgelegt von

Ina Brütsch

2011

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine- Universität Düsseldorf
gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf

Dekan

Referent: Prof. Dr. Lamprecht

Korreferent: Prof. Dr. Krüssel

Zusammenfassung

Hintergrund:

Die Nase war und ist Gegenstand vieler Forschungsarbeiten. Bislang ist nicht geklärt wieso einige Menschen unter Nasenatmungsbehinderungen leiden, obwohl sie anatomisch gute Ausgangsbedingungen mit sich bringen und wo der genaue Ursprung dieser Probleme liegt.

In Deutschland werden pro Jahr ca. 30.000 Operationen zur Verbesserung einer Beeinträchtigung der Nasenatmung durchgeführt. Das primäre Ziel von Operationen in der Nase ist die Verbesserung der Nasenatmung durch ausreichende Erweiterung der Luftwege, unter gleichzeitiger Wahrung der Klimafunktion der Nase. Hierzu ist eine genaue diagnostische Lokalisation des Engpasses zur Minimierung des zu entfernenden Nasenmuschelgewebes und /oder der Schleimhautoberfläche erforderlich. Bislang schildern ein Drittel der Patienten nicht die angestrebte postoperative Verbesserung des Atmungsempfindens.

Derzeit gilt die Rhinomanometrie als „Goldstandard“ in der klinischen Diagnostik zur Lokalisation nasaler Atmungsbehinderungen. Wird hierbei jedoch nur der Volumenstrom der Atmung am Nasenausgang gemessen, ist die genaue Lokalisation der nasalen Behinderung nicht möglich. Auch die Zuhilfenahme weiterer Messverfahren, z.B. die Rhinoskopie, hat sich nicht als ausreichend genau erwiesen. Als Folge sind falsch lokalisierte und/oder im Resektionsvolumen mangelhaft bemessene Operationen zu beobachten.

Ziel dieser Studie ist die Bewertung von bildgebenden Verfahren unter zusätzlicher Berücksichtigung des Einflusses der klimatischen Bedingungen der Atemluft bei der Diagnosestellung zur Verbesserung der Diagnosemöglichkeiten sowie der Operationsverfahren zur Behebung von Nasenatmungsbehinderungen.

Methode:

Die Identifikation von Nasentypen bei denen die Messung einzelner, ggf. leicht zugänglicher Parameter (z.B. Breite, Länge der Nase) Rückschluss auf die Ausbildung von Größe und Lage der weichen Nasenstrukturen (z.B. breite der Muscheln, Abstand zum

Lumen) zuließe, würde eine erhebliche Vereinfachung der klinischen Diagnostik darstellen. Hierzu wurden CT- Aufnahmen der Nasen sowie Nasenhaupthöhlen von 949 Patienten detailliert ausgemessen und statistisch auf mögliche Clusterbildung untersucht. Zur Untersuchung etwaiger systematischer dynamischer Reaktionen der weichen Nasenstrukturen auf unterschiedliche Konfigurationen von Atemlufttemperatur und –feuchtigkeit wurde zusätzlich bei 19 Probanden MRT- Aufnahmen der Nasenhöhle, rhinomanometrische als auch endoskopische Untersuchungen sowie eine Einschätzung des subjektiven Empfindens erhoben und statistisch ausgewertet.

Ergebnisse:

Erstmals wurde mit 949 Patienten ein solch großes Kollektiv vermessen und statistisch erfasst.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Nasenmorphologie einer enormen Variationsbreite unterliegt. Im Rahmen der untersuchten Patienten (n= 949) konnte keine signifikante Korrelation verschiedener Messgrößen aufgezeigt werden und somit keine eindeutige Typenbildung zur diagnostischen Unterstützung gefunden werden. Somit kann nur die vollständige Untersuchung der Nasenhöhle, mittels bildgebender Verfahren, eine eindeutige Lokalisation der Behinderung ermöglichen.

Ein kleiner Nachteil dieser Gruppe ist, dass es sich um Patienten nicht um Probanden handelt.

Durch die zusätzliche Untersuchung der 19 Probanden konnte aufgezeigt werden, wie die innere Nasenmorphologie auf unterschiedliche klimatische Konfigurationen der Atemluft reagiert. Es stellte sich heraus, dass die Nasenmuscheln sich vor allem bei kalt/trockener Luft vergrößern, sich somit das Lumen verkleinert und bei warm/feuchter Luft sich die Muscheln verkleinern, das Lumen sich also vergrößert. Dies belegt die Vermutung, dass bei kalten Bedingungen die innere Nasenmorphologie durch Anschwellen den Volumenstrom verringert, um die nun langsamer durchströmende Luft anzuwärmen.

Ein hoch interessanter weiterer Befund ist, dass sich das Schwellverhalten der Septumschleimhaut in Einzelfällen genau entgegengesetzt verhält. Es ergibt sich die Frage, ob das Schwellverhalten der Muscheln primär der Temperaturkorrektur dient und gleichzeitig das Verhalten des Septums zur Sicherstellung der Luftzufuhr fungiert. Wir vermuten einen Gegenregulations-„Reflex“.

Der Vergleich der diagnostischen Genauigkeit der herkömmlichen Verfahren mit den Bildgebenden ergab, dass das MRT objektiver und genauer Nasenatmungsbehinderungen lokalisieren kann, als auch wie sehr die Rhinomanometrie von der Mitarbeit des Patienten abhängig ist und inwieweit die Rhinoskopie vom „Auge des Betrachters“ abhängt.

Bei der subjektiven Empfindung berichteten einige Probanden bei kalter Atemluft von einer freien Nasenatmung, obwohl die MRT- Bilder das Anschwellen der Muscheln zeigen, was zu einer Verringerung des Volumenstroms führt. Entsprechend umgekehrt bei warmer Luft. Dies gibt Grund zur Vermutung, dass innerhalb der Nase besondere, abgegrenzte Areale das subjektive Empfinden steuern – möglicherweise unabhängig vom Ausmaß des messbaren Lumens bzw. der Dicke der Schleimhaut. Dies wäre durch weiterführende Studien zu belegen.

Schlussfolgerung:

Im Rahmen der 949 Patienten konnten keine anatomischen Nasentypen identifiziert werden.

Das MRT stellt im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren ein objektiveres und genaueres Messverfahren zur klinischen Diagnostik von Nasenatmungsbeschwerden dar. Durch Veränderung von Temperatur und/oder Feuchtigkeit der Atemluft konnten signifikante Diagnoseunterschiede festgestellt werden. Bei der zukünftigen Operationsplanung sind daher ein bildgebendes Verfahren zur genaueren Lokalisation der Behinderung, sowie die Berücksichtigung der Funktion der Nase bezüglich Klimatisierung der Atemluft von großer Bedeutung.

Ferner ergab die Studie den Hinweis, dass Nasenatmungsbehinderungen möglicherweise nicht nur aufgrund von anatomischen Behinderungen des Luftstroms auftreten, sondern hierfür abgegrenzte Areale in der Nase verantwortlich sind, die das subjektive Empfinden steuern.

Desweiteren wurden kompensatorische Schwellungen der Septum-Schleimhaut entdeckt; wir vermuten einen Gegenregulations-„Reflex“.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	ii
Abkürzungsverzeichnis	ix
Abbildungsverzeichnis.....	xii
Tabellenverzeichnis	xiii
Pictogramme Bibliothek.....	xiv
Pictogramme Dynamik.....	xvii
1. Einleitung.....	19
1.1 Aufbau der Nase.....	19
1.2 Funktion der Nase	21
<i>1.2.1 Aerodynamik.....</i>	<i>21</i>
<i>1.2.2 Klimatisierung.....</i>	<i>23</i>
2. Fragestellung	26
2.1 Ziel und Aufgabenstellung der Arbeit	28
3. Danksagung	31
A. Bibliothek.....	32
1. Probanden, Material und Methoden.....	32
1.1 Probandenkollektiv	32
1.2 Material und Methode	32
<i>1.2.1 Vorgehensweise.....</i>	<i>32</i>
<i>1.2.2 Festlegung der Messpunkte innerhalb der Bibliotheksprobanden.....</i>	<i>34</i>
<i>1.2.3 Geräteliste</i>	<i>46</i>
<i>1.2.4 Biometrieauswertung</i>	<i>47</i>

2. Ergebnisse.....	48
2.1 Messwerte der Bibliothek	48
2.2 Histogramme und Punktwolken	57
3. Diskussion Bibliothek	58
3.1 Statistische Verfahren zur Ermittlung von Gruppen	58
B. Morphologieänderung des Naseninnenraums aufgrund klimatischer Einflüsse während der Respiration.....	61
1. Probanden, Material und Methoden.....	61
1.1 Probandenkollektiv	61
<i>1.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien für die Studie</i>	<i>62</i>
<i>1.1.2 Fragebogen</i>	<i>62</i>
1.2 Material und Methoden	62
<i>1.2.1 Aufbau</i>	<i>62</i>
<i>1.2.2 Klimaerzeugung und Versuchsablauf.....</i>	<i>65</i>
<i>1.2.3 Messpunkte im MRT- Bildes des Nasencavums der 20 Probanden</i>	<i>68</i>
<i>1.2.4 Unterschiedliche Messverfahren.....</i>	<i>79</i>
<i>1.2.5 Geräteliste</i>	<i>80</i>
<i>1.2.6 Biometrieauswertung</i>	<i>81</i>
1.3 Statistische Verfahren	81
2. Ergebnisse.....	81
2.1 Temperaturausschluss	81
2.2 Klimawerte im MRT- Raum	84
<i>2.2.1 Auswertung der MRT- Bilder (Ausgangswerte ohne aktive Klimatisierung = Raumlufte).....</i>	<i>85</i>
<i>6.2.2 Auswertung der übrigen Messverfahren (subjektives Empfinden, Endoskopie, Rhinomanometrie).....</i>	<i>87</i>

2.3 Klimawerte der Einatemluft bei Klima kalt/trocken.....	88
2.3.1 Auswertung der MRT- Bilder unter kalt/trockenen Klimabedingungen	89
2.3.2 Auswertung der übrigen Messmethoden (subjektive Empfindung, Endoskopie, Rhinomanometrie) unter kalt/trockenem Klima.....	91
2.3.3 Vergleich der unterschiedlichen Messverfahren mittels Rangkorrelationskoeffizient beim Klima kalt/trocken.....	92
2.3.4 Ergebnisse des Rangkorrelationskoeffizienten beim Klima kalt/trocken.....	92
2.4 Klimawerte der Einatemluft bei Klima warm/feucht.....	95
2.4.1 Auswertungen der MRT- Bilder unter kalt/feuchten Klimabedingungen.....	96
2.4.2 Auswertung der übrigen Messverfahren (subj. Empfindung, Endoskopie, Rhinomanometrie) bei kalt/feuchtem Klima.....	98
2.5 Klimawerte der Einatemluft bei Klima warm/trocken.....	99
2.5.1 Auswertung der MRT- Bilder unter warm/trockenen Klimabedingungen.	99
2.5.2 Auswertung der alternativen Messverfahren bei Klima warm/feucht.....	101
2.6 Klimawerte der Einatemluft bei Klima warm/feucht.....	102
2.6.1 Auswertung der MRT- Bilder unter warm/feuchten Klimabedingungen.	102
2.6.2 Auswertung der übrigen Messverfahren (subj. Empfindung, Endoskopie, Rhinomanometrie) bei warm/feuchtem Klima.....	104
2.6.3 Vergleich der unterschiedlichen Messverfahren mittels Rangkorrelationskoeffizienten beim Klima warm/feucht.	105
3. Diskussion	108
3.1 Dynamik.....	108
3.1.1 Auswahl der unterschiedlichen Klimabedingungen.....	108
3.1.2 Reaktion der Nasenschleimhaut auf die unterschiedlichen Klimata.....	110
3.1.3 Subjektives Empfinden nach Exposition der unterschiedlichen Klimata.	113
3.1.4 Rhinomanometrie nach Exposition der unterschiedlichen Klimata.....	117
3.1.5 Rhinoskopie nach Exposition der unterschiedlichen Klimata.....	120
4. Überblick über die Dynamik	124
4.1 Probanden, Material und Methoden.....	124
4.2 Ergebnisse	124

Appendix.....	128
Einverständniserklärung zur Studie.....	129
<i>Fragebogen</i>	<i>132</i>
<i>Erläuterung der dynamischen Messpunkte</i>	<i>134</i>
<i>Erläuterung der Messpunkte der Bibliothek</i>	<i>135</i>
Literaturverzeichnis	150

Abkürzungsverzeichnis

MRT	Magnetresonanztomographie
CT	Computertomographie
NHH	Nasenhaupthöhle
w/f	Warm/feucht
w/t	Warm/trocken
k/t	Kalt/trocken
k/f	Kalt/feucht
Temp.	Temperatur
rLF %	Relative Luftfeuchtigkeit in Prozent
Prob.	Probanden
l/min	Liter pro Minute
qcm	Quadratcentimeter
mm ²	Quadratmillimeter

Messdaten mittlerer Coronarschnitt der dynamischen Messungen

a1	Messhöhe rechte untere Muschel; Abstand Kieferwandschleimhaut-Muschel
b1	Breite untere rechte Muschel
c1	Messhöhe rechte untere Muschel; Abstand Muschel- Septum
d1	Messhöhe rechte untere Muschel; Breite Septum
e1	Messhöhe rechte untere Muschel; Abstand laterale Kieferwand- Septum
fu	Gesamtbreite untere Nasenhöhle
A ^{2v}	Fläche auf Höhe des ersten Bildes auf dem alle vier Muscheln abgebildet sind
A ^{2h}	Fläche auf Höhe des letzten Bildes auf dem alle vier Muscheln abgebildet sind
a2	Messhöhe linke untere Muscheln; Abstand Kieferwandschleimhaut-Muschel

b2	Breite untere linke Muschel
c2	Messhöhe linke untere Muscheln; Abstand Muschel-Septum
e2	Messhöhe linke untere Muscheln; Abstand laterale Kieferwand-Septum
a3	Messhöhe rechte mittlere Muschel; Abstand Kieferwandschleimhaut-Muschel
b3	Breite mittlere rechte Muschel
c3	Messhöhe rechte mittlere Muschel; Abstand mittlere Muschel- Septum
d3	Messhöhe rechte mittlere Muschel; Breite Septum
e3	Messhöhe rechte mittlere Muschel; Abstand laterale Kieferwand-Septum
fm	Gesamtbreite mittlere Nasenhöhle
a4	Messhöhe linke mittlere Muschel; Abstand Kieferwandschleimhaut-mittlere Muschel
b4	Messhöhe linke mittlere Muschel; Breite Septum
c4	Messhöhe linke mittlere Muschel; Abstand mittlere Muschel- Septum
e4	Messhöhe linke mittlere Muschel; Abstand laterale Kieferwand-Septum
g	Länge des Abstandes Höhe Siebbeinzellen-kaudale Nasenhöhlenbegrenzung

Messdaten der Bibliotheks- CTs

A	Gesamtbreite Nasenvorhof
B	Breite Septum an der dünnsten Stelle
C	Breite Septum an der breitesten Stelle
D	Abstand Höhe Frontalhirn bis zur tiefsten Stelle der Maxilla (gemessen in linker Nasenhälfte)
E	Breite Lumen rechts
F	Breite Lumen links
G	Breite Septumpolster

a1	Ventraler Abstand Kieferwand bis zur rechten Nasenmuschel
a2	Dorsaler Abstand der Kieferwand bis zur rechten Nasenmuschel
a3	Ventraler Abstand Kieferwand bis zur linken Nasenmuschel
a4	Dorsaler Abstand der Kieferwand bis zur linken Nasenmuschel
b1	Ventraler Abstand rechte Nasenmuschel bis zum Septum
b2	Dorsaler Abstand rechte Nasenmuschel bis zum Septum
b3	Ventraler Abstand linke Nasenmuschel bis zum Septum
b4	Dorsaler Abstand linke Nasenmuschel bis zum Septum
c1	Breiteste Stelle Septum ventral
c2	Breiteste Stelle Septum dorsal
d	Gesamtbreite Nasenhaupthöhle
e	Fläche Nasenhaupthöhle

Statistik

Stabw.	Standardabweichung
Mittelw.	Mittelwert
Min.	Minimum
Max.	Maximum
Abb.	Abbildung

Abbildungsverzeichnis

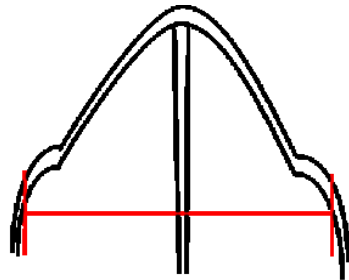
Abbildung 1: axialer Querschnitt Nasen-, Rachenraum	19
Abbildung 2: Zeichnerische Darstellung laminarer und turbulenter Strömung.	21
Abbildung 3: Beispielbilder einer Olive und eines Rhinomanometers.	27
Abbildung 4: Beispielbild eines starren Rhinoskopes.	28
Abbildung 5: Schädel- CT- Bild mit Darstellung eines Artefaktes durch eine metallhaltige Zahnfüllung.	33
Abbildung 6: CT- Abbildung des Vestibulums nasi.	34
Abbildung 7: Coronares CT-Bild des Cavum nasi.	40
Abbildung 8: Originalabbildung des Septumpolsters aus den Bibliotheks- CT- Bilder. Radiologie Alfried-Krupp-Krankenhaus.	50
Abbildung 9: Histogramm für den Messpunkt A. Verwendet wurden die ermittelten Mediane für den Punkt A aller Bibliothekspatienten (n= 949).	57
Abbildung 10: Punktwolke für den Messpunkt A. Patienten n= 949.	57
Abbildung 11: Darstellung des selber erdachten und konstruierten "Klimagerätes".	63
Abbildung 12: Original MRT-Aufnahme aus dem Probandenpool Dynamik.	68

Tabellenverzeichnis

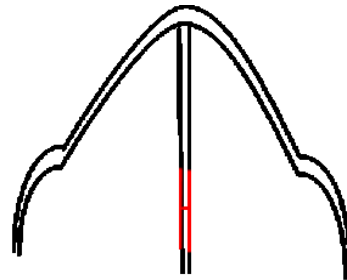
Tabelle 1: Temperaturen vor und nach Messung MRT–Raumlufte.....	85
Tabelle 2: rLF % vor und nach Messung MRT-Raumluft.....	85
Tabelle 3: Teil 1 - Messdaten der unteren Muscheln beim Klima Raumlufte (in cm).....	86
Tabelle 4: Teil 2 - Messdaten der unteren Muscheln beim Klima Raumlufte (in cm).....	87
Tabelle 5: Ergebnisse von Empfindungsscore, Rhinomanometrie und Endoskopiescore unter Raumluftebedingungen	88
Tabelle 6: Temperaturen vor und nach Messung MRT – kalt/trocken.....	89
Tabelle 7: rLF in% vor und nach Messung MRT – kalt/trocken.....	89
Tabelle 8: Teil 1 - Messdaten der unteren Muschel bei kalt/trocken Klima (in cm).....	90
Tabelle 9: Temperaturen vor und nach Messung MRT – warm/trocken.....	99
Tabelle 10: Teil 3 - Messdaten der mittleren Muschel bei warm/feuchtem Klima (in cm)	104

Piktogramme Bibliothek

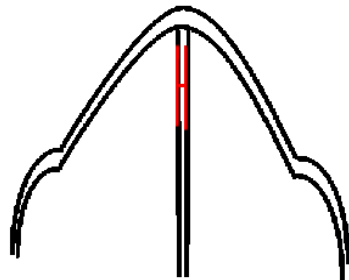
Messstrecken im Nasenvorhof (Erläuterungen siehe Seiten 35-39)



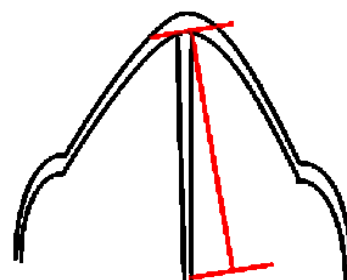
A= Gesamtbreite Nasenvorhof



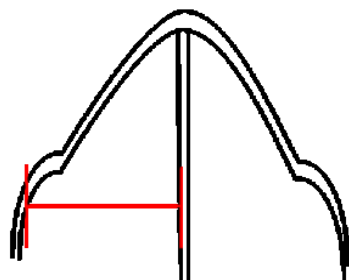
B= Breite Septum an schmalster Stelle



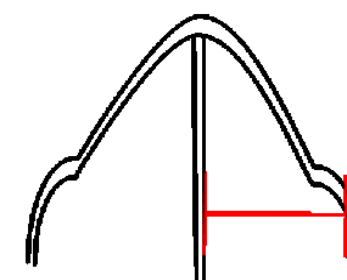
C= Breite Septum an breitesten Stelle



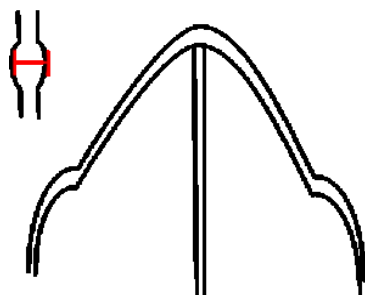
D= Tiefe bis in Höhe Maxilla- Vorderwand des Nasenvorhofes



E= Breite Lumen rechte Nasenhälfte

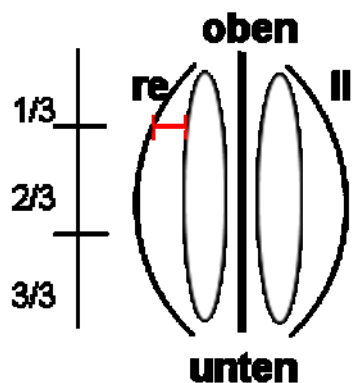


F= Breite Lumen linke Nasenhälfte

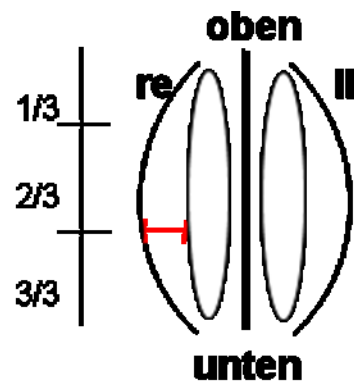


G= Breite Septumpolster (kranial)

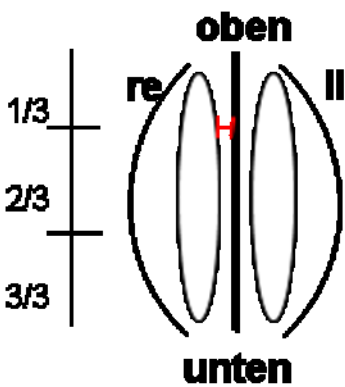
Messstrecken in der Nasenhaupthöhle (Erläuterungen siehe Seiten 40-44)



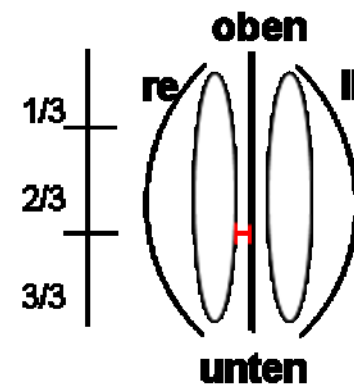
a1= ventraler Abstand: Kieferwand – Muschel rechts



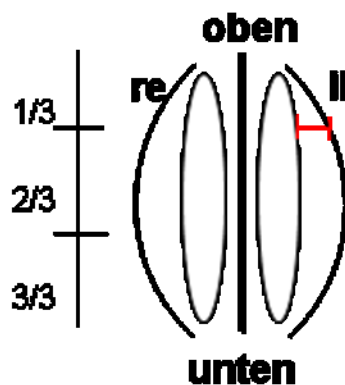
a2= dorsaler Abstand: Kieferwand – Muschel links



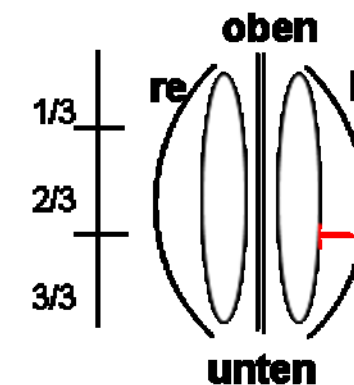
b1= ventraler Abstand: Muschel – Septum rechts



b2= dorsaler Abstand: Muschel – Septum rechts

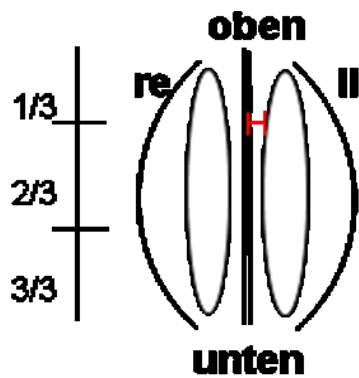


a3= ventraler Abstand: Kieferwand – Septum links

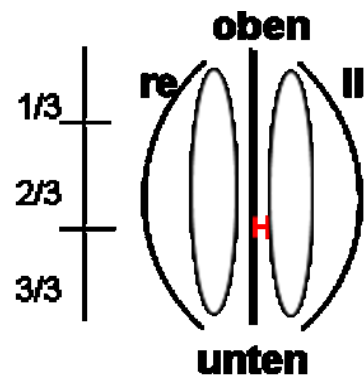


a4= dorsaler Abstand: Kieferwand – Septum links

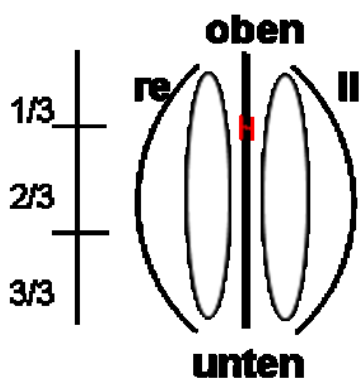
Messstrecken in der Nasenhaupthöhle (Erläuterungen siehe Seiten 44-46)



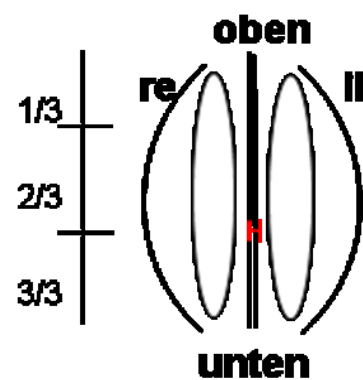
b3 = ventraler Abstand: Muschel-Septum links



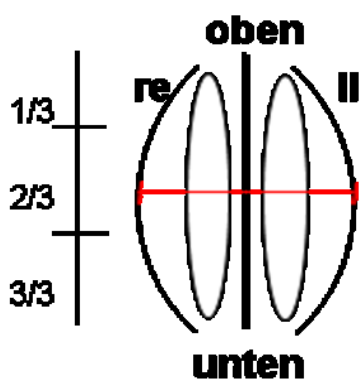
b4 = dorsaler Abstand: Muschel-Septum links



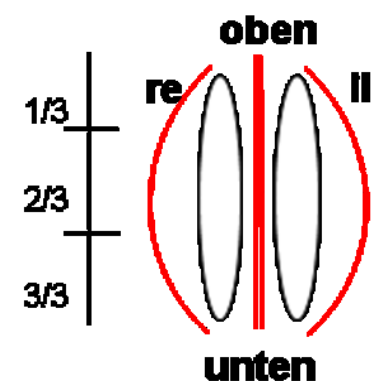
c1 = Breite Septum ventral



c2 = Breite Septum dorsal



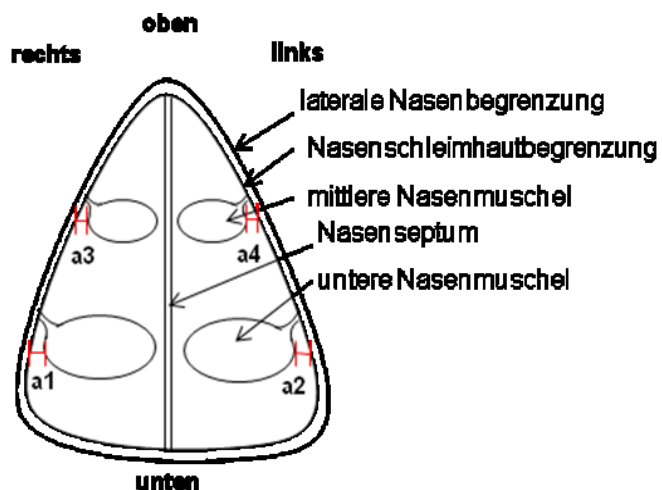
d = Gesamtbreite Nasenhaupthöhle



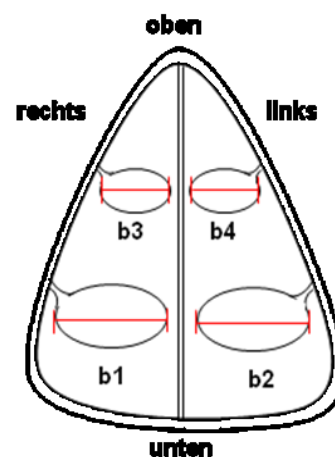
e = Fläche Nasenhaupthöhle

Piktogramme Dynamik

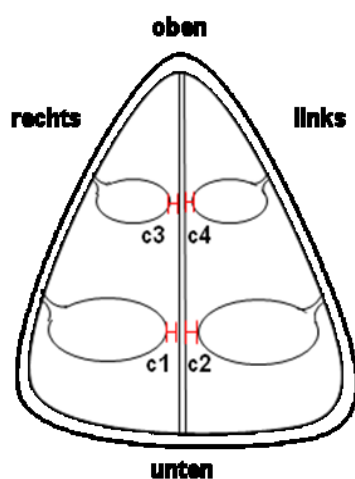
Messstrecken in der Nasenhaupthöhle (Erläuterungen siehe Seiten 70-80)



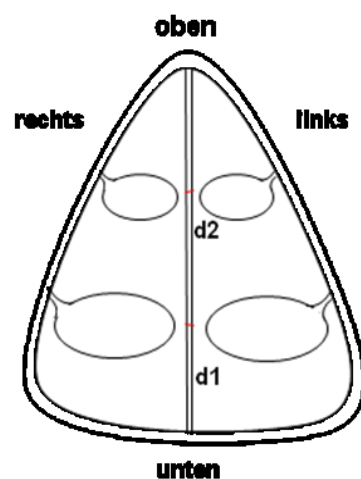
a1= Abstand Kieferwandschleimhaut- untere Muschel rechts
a2= Abstand Kieferwandschleimhaut- untere Muschel links
a3= Abstand Kieferwandschleimhaut- mittlere Muschel rechts
a4= Abstand Kieferwandschleimhaut- mittlere Muschel links



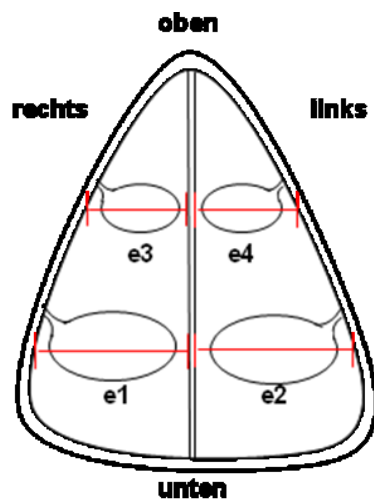
b1= Breite untere Muschel rechts
b2= Breite untere Muschel links
b3= Breite mittlere Muschel rechts
b4= Breite mittlere Muschel links



c1= Abstand untere Muschel- Septum re
c2= Abstand untere Muschel- Septum li
c3= Abstand mittlere Muschel- Septum re
c4= Abstand mittlere Muschel- Septum li



d1= Breite Septum Höhe untere Muschel
d2= Breite Septum Höhe mittlere Muschel

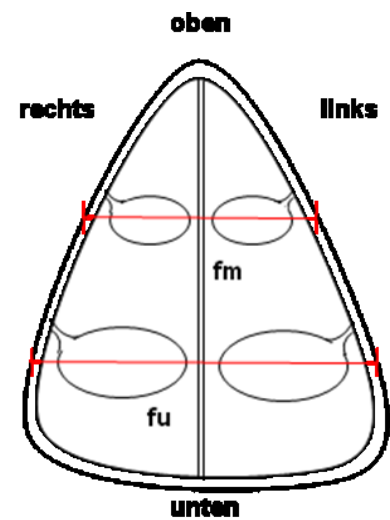


e1= Abstand laterale Kieferwand-
Septum rechts
e2= Abstand laterale Kieferwand-
Septum links

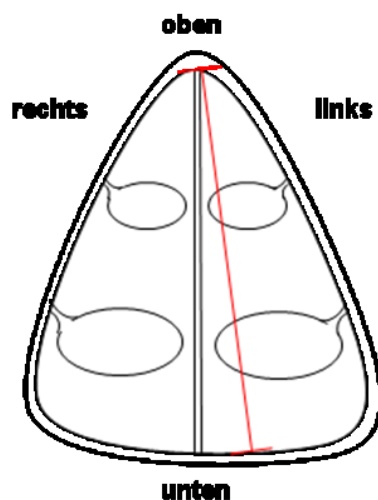
} Höhe untere
Muschel

e3= Abstand laterale Kieferwand-
Septum rechts
e4= Abstand laterale Kieferwand-
Septum links

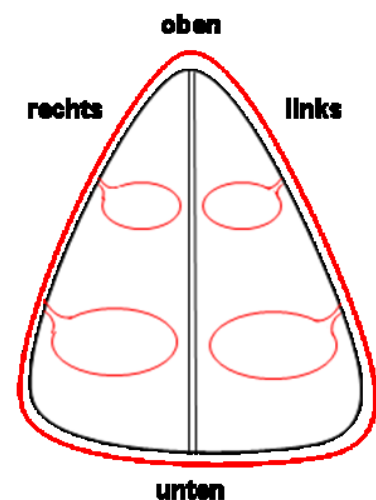
} Höhe mittlere
Muschel



fu= Gesamtbreite Nasenhöhle
auf Höhe untere Muscheln
fm= Gesamtbreite Nasenhöhle
auf Höhe mittlere Muscheln



g= Abstand Siebbeinzellen- kaudale Nasen-
höhlenbegrenzung



A^v = Gesamtfläche Nasenhöhle
Schnittebene: erstes Bild auf dem alle vier
Muscheln abgebildet sind.
 A^h = Gesamtfläche Nasenhöhle
Schnittebene: letztes Bild auf dem alle vier
Muscheln abgebildet sind.

1. Einleitung

1.1 Aufbau der Nase

Die Nase ist der erste Abschnitt des physiologischen Atemweges und hat demzufolge mehrere Aufgaben zu erfüllen, die sich u.a. auch in ihrem Aufbau widerspiegeln.

Die Nase ist ein kompliziert gebauter Strömungskörper bestehend aus: Naseneingang, der Nasenklappe sowie der Nasenhaupthöhle (dies sind nur die für die Strömung relevanten Bestandteile).

In die Nasenhaupthöhle ragen von der Seitenwand ausgehend die untere, mittlere und obere Nasenmuschel hinein. Die Nasenmuscheln lenken den Luftstrom und bilden in ihren Zwischenräumen Luftpassagen, die sog. Nasengänge.

Geteilt werden die rechte und linke Haupthöhle durch die teils knorpelige, teils knöcherne Nasenscheidewand.

Die Luftwege treffen im Nasenrachenraum aufeinander.

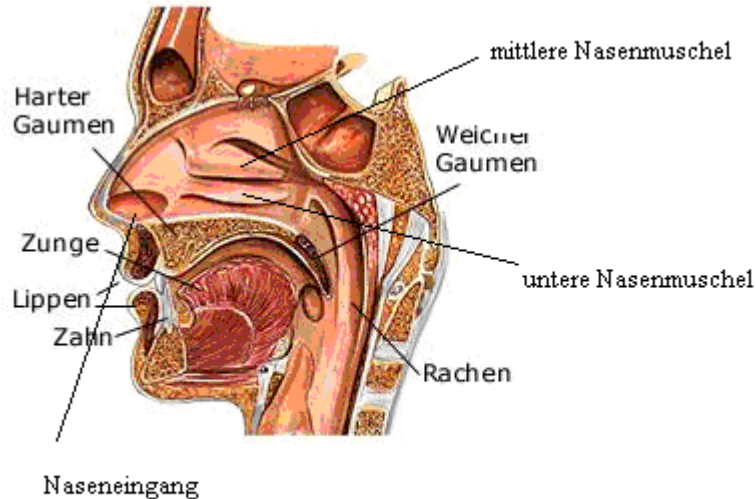


Abbildung 1: axialer Querschnitt Nasen-, Rachenraum

(Quelle: www.g-netz.de/verdauungssystem/gfx/mund.jpg)

Widerstände für den nasalen Luftstrom sind das Vestibulum nasi, die sogenannten Nasenklappen und die Nasenmuscheln. Die Nasenklappe ist am Eingang der apertura piriformis unmittelbar vor dem Kopf der unteren Nasenmuschel gelegen.

Der „Strömungskörper“ Nase ist in der Lage, sein Lumen durch An- und Abschwellen der Nasenschleimhaut zu verändern. Diese Reaktionen werden nicht nur durch infektiöse, allergische und pharmakologische Einflüsse ausgelöst, sondern auch durch physiologische Vorgänge.

Neben den tageszeitlichen Schwankungen und Veränderungen durch die Körperlage sind körperliche Belastung und klimatische Einflüsse ursächlich an der Änderung der Nasendurchgängigkeit beteiligt.

Um diese Anpassungen des Lumen vollziehen zu können, werden besondere Ansprüche an die Nasenschleimhaut gestellt.

Insgesamt wird die Nase von vier verschiedenen Epithelien ausgekleidet:

Im Naseneingang und im Bereich des Vestibulum nasi befindet sich ein unverhorntes Plattenepithel, welches der umgebenden „Aussenhaut“ gleicht, dieses geht dann ab dem Bereich des Kopfes der unteren Nasenmuschel in ein unverhorntes Plattenepithel über. Darauf folgt ein zilienloses Zylinderepithel und später das typische respiratorische Flimmerepithel.

Weiterhin von großer Bedeutung für die Schwellfähigkeit der Schleimhaut ist der Blutgefäßreichtum. Hier sind besonders folgende Bereiche zu erwähnen:

Am Septum, das Tuberculum septi und der Locus Kisselbachii; neben den vielen Gefäßen findet man auch reichlich Drüsen sowie die sog. Schwellkörper, die erstmals von *Kölliker*¹ beschrieben und später von *Kohlrausch*² und *Zuckerkandl*³ näher untersucht wurden.

Diese zuletzt genannten Schwellkörper befinden sich hauptsächlich an der unteren und mittleren, aber auch am hinteren Ende der oberen Muschel. Es handelt sich hierbei um Hohlräume, die durch ein Netz aus Venen ausgefüllt werden. Sie erstrecken sich über die ganze Dicke der Schleimhaut von Periost bis zu den oberen subepithelialen Schichten und sind stark erweiterungsfähig. Mehr hierzu im Abschnitt Klimatisierung.

¹ Kölliker (1852) Handbuch der Gewebelehre S. 633 ff

² Kohlrausch (1853) Arch. f. Anat. u. Phys. von J. Müller

³ Zuckerkandl (1884) Wien med. Wschr. Nr. 39

1.2 Funktion der Nase

Die Nase ist, wie oben schon erwähnt, der erste Abschnitt des Atemtraktes und hat dementsprechend mehrere Funktionen zu erfüllen.

Diese lassen sich in physikalische und biologische Funktionen unterteilen:

Zu den physikalischen zählen die Aerodynamik, die Klimatisierung, der Transport, die Reinigung und die Resonanz.

Dagegen werden die immunologische Abwehr sowie der Geruchssinn den biologischen Funktionen zugeschrieben.

In den folgenden Abschnitten werden die für diese Arbeit relevanten Mechanismen etwas näher erläutert.

1.2.1 Aerodynamik

In der Aerodynamik lassen sich für Gase und Flüssigkeiten zwei Arten der Strömung unterscheiden. Zum einen die laminare Strömung, bei der die unterschiedlichen Schichten zwar verschiedene Geschwindigkeiten aufweisen können, es aber zu keiner Durchmischung oder Überkreuzung der Strömungslinien kommt und die turbulente Strömung, bei der Verwirbelungen zwischen den unterschiedlichen Schichten eintreten.

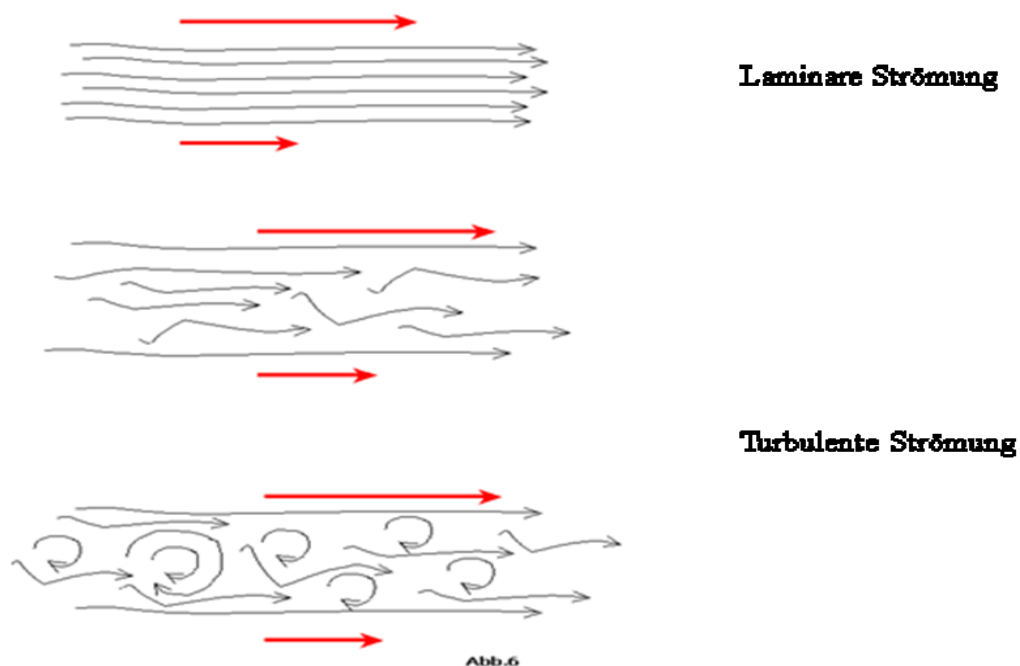


Abbildung 2: Zeichnerische Darstellung laminarer und turbulenter Strömung.

(Quelle: www.wetteran.de)

Es gibt die Meinungen, dass in der Nase eine Mischung aus laminarer und turbulenter Strömung vorherrscht. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass bei einem geringen Luftstrom innerhalb der Nase von unter 1 l/min die laminare Strömung überwiegt. Bei Zunahme des Luftstroms jedoch die turbulente Strömung, als letztendlich limitierender Faktor, stetig zunimmt.⁴

Für die Arbeit der Nase ist die turbulente Strömung von enormer Wichtigkeit, denn nur durch diese Verwirbelung der unterschiedlichen Schichten der Atemluft ist gewährleistet, dass möglichst alle einen engen Kontakt zur Nasenwand haben und somit Wärmeenergie und Feuchtigkeit übertragen werden kann.⁵

Ebenso wird aus der Schleimhaut wesentlich durch turbulente Strömung ein höherer Anteil an Wasserdampf abgegeben, als dies bei laminarer Strömung der Fall wäre.

Bei zu starken Turbulenzen (z.B. bei einer Septumdeviation) kann dies aber auch zu einer Austrocknung der Schleimhaut führen und somit zur lokalen Krusten- oder Borkenbildung.

Um diese Mischströmungen zu gewährleisten, weist die Nase in ihrem Aufbau einige „Besonderheiten“ auf.

Wie im oberen Kapitel „Aufbau der Nase“ schon erwähnt, handelt es sich bei der Nase aus strömungstechnischer Sicht um einen kompliziert gebauten Kanal ohne scharfe Kanten.

Durch den speziellen Aufbau der vorderen Nasenanteile, mit der Nasenklappe als Engstelle, kommt es zudem noch zu einem Düseneffekt in dieser Region. Die Nasenklappen stellen physiologischerweise mit einem mittleren Querschnitt von 0,72 qcm die engste Stelle der Atemwege dar.

Dieser Effekt kommt v.a. bei der Einatmung zum Tragen, während bei der Ausatmung aufgrund der Elastizität dieses Bereiches es zu kaum einer Beeinträchtigung des Luftstromes kommt.

Ein weiterer für die Aerodynamik der Nase wichtiger Faktor ist der Atemwegswiderstand. Dieser setzt sich aus der Druckdifferenz zwischen Außenluft und tiefer Atemwege und der die

⁴ Drettner (1961) Acta Otolaryngol Stockh. Suppl. 161: 1-109

⁵ Grevers (1998) Praktische Rhinologie Urban & Schwarzenberg S. 4

Nase durchfließenden Luftmenge zusammen.

Reguliert wird dieser Widerstand durch mehrere Faktoren:

Zum einen ist er abhängig vom Füllungszustand der nasalen Schwellkörper, v.a. die der mittleren und unteren Muscheln; dem sog. nasalen Zyklus, der erstmals im späten 19. Jahrhundert vom deutschen Rhinologen namens *Kayser*⁶ beobachtet wurde.

Hierbei kommt es zu einer, mehr oder minder ausgeprägten gleichmäßigen, rhythmischen Veränderung der nasalen Durchgängigkeit, mit einer um vier bis acht Stunden verschobenen Periodik der Schleimhautschwellung, vor allem im Bereich der Nasenmuscheln. Neben dem Idealfall, der erhaltenen Gesamtdurchlässigkeit, sind auch völlig irreguläre Schwankungen mit dissoziiertem Schwellungsverlauf der einzelnen Nasenhöhlen möglich.

Weitere Einflussgrößen stellen mehrere individuelle Parameter, wie z.B. emotionale Faktoren, Aktivitätszustand und die Körperlage sowie äußere Parameter wie z.B. Luftfeuchtigkeit und Temperatur dar.

Zu einer Abschwellung der Nasenmuschelschleimhaut kommt es z.B. bei körperlichen Anstrengungen und aufrechter Körperhaltung, während es im Liegen zu einer Anschwellung kommt. Dies ist einerseits durch Druckveränderungen im venösen System zu erklären, andererseits durch Ausschüttung adrenerger Substanzen, wie dies bei körperlicher Aktivität der Fall ist, zu erklären.

Aber auch verschiedene vasoaktive Medikamente, wie z.B. Antihypertensiva, β -Blocker, ACE-Hemmer, Psychopharmaka etc., nehmen Einfluss auf die Schleimhaut der Nase.⁷

1.2.2 Klimatisierung

Aufgrund der speziellen Anatomie der Nase ist die Gesamtoberfläche der Schleimhaut, besonders durch die Nasenmuscheln, mit ca. 100 - 123 qcm wesentlich größer als zu erwarten wäre.

Damit die Atemluft auch genügend Kontakt mit der Schleimhaut erhält, verfügt sie über die im Kapitel „Aerodynamik“ erwähnten aerodynamischen Regulationsmechanismen.

⁶ Kayser (1895) Arch Laryngol 3: 101 ff

⁷ Grevers (1998) Praktische Rhinologie Urban & Schwarzenberg S. 4

Die eigentliche Klimatisierung der Luft erfolgt dann im Inneren der Nase durch Erwärmung und Befeuchtung, mittels physikalischer Interaktion der Einatemluft, vor allem mit der lateralen Nasenschleimhaut.

Dabei kommt es durch die Produktion von Sekret, aus vorhandenen Drüsen und Becherzellen, zur Bereitstellung von Feuchtigkeit. Die Erwärmung wird durch das ausgedehnte Gefäßnetzwerk gewährleistet.

Die Anzahl der Becherzellen nimmt mit anterior - posteriorer Richtung zu und kann bis zu 11 000 Zellen/mm² Nasenschleimhaut betragen.

In der hinteren Region der Nase herrschen höhere Temperaturen als im vorderen Anteil, so dass es bei der Einatmung aufgrund dieses Temperaturgefälles zu einer langsamen Erwärmung der Einatemluft kommt. So ist sie in der Lage, die Temperatur auch bei extremen Außentemperaturen zu regulieren:

trockene Luft wird angefeuchtet, kalte Luft wird angewärmt.

Dies wird auch in der Therapie, vor allem in der Inhalationstherapie, angewandt: hierbei dient heißer Dampf zum Abschwellen der Nasenschleimhäute.

Bei der Ausatmung kommt es dagegen zu einer Rückgewinnung von Feuchtigkeit durch Kondensation und Wärme aus der Luft.

Diese Rückgewinnungskapazität beträgt unter normalen Raumluftbedingungen ca. 25%, steigt aber bei kühleren Temperaturen auf bis zu 50% an.⁸

Eine besondere Rolle bei der Klimatisierung der Atemluft spielen die „weitläufigen“ Kapazitätsgefäße, besonders die der unteren Muschel.

Untersuchungen am Menschen konnten zeigen, dass eine α_2 - Stimulation mit der Verminderung des Füllungszustands der Kapazitätsgefäße sowie eine Abnahme des kapillären Blutstroms innerhalb der Nasenschleimhaut einhergeht.⁹ Aufgrund dessen kommt es zu einer Verringerung des Atemwiderstandes und der Befeuchtungs- bzw. Wärmekapazität der Schleimhaut.

⁸ Ingelstedt (1956) Acta Otolaryngol Stockh. Suppl. 131: 16.

⁹ Bende (1983) Acta Otolaryngol Stockh. 96: 523-527

Im Gegensatz dazu kommt es unter einer α_1 - Stimulation zu einer Konstanthaltung des Blutstroms und somit zu einer Verminderung des Füllungszustands der Kapazitätsgefäße.¹⁰

Dies hat wiederum eine Verminderung des Atemwegswiderstandes bei gleichbleibender Klimatisierungsfunktion zur Folge.

Insgesamt bestehen über die Wirkung von Temperaturänderungen der Inspirationsluft auf die Nasenschleimhaut kontroverse Meinungen.

Einige beschreiben eine generelle nasale Obstruktion als Folge einer Gefäßdilatation in der Wärme. In anderen Veröffentlichungen wird über die Abschwellung der Nasenschleimhaut berichtet.

Durch um Mund und Nase liegende Wärme- und Kälterezeptoren wird die Nasenschleimhaut auf das jeweilige Umgebungsklima eingestellt.¹¹

¹⁰ Bende et al (1985) Rhinology. 23: 43-48

¹¹ Grevers et al (1978) Laryngo Rhino Otol 66: 152- 156

2. Fragestellung

Die Nase war und ist Gegenstand vieler Forschungsarbeiten. Bis heute ist jedoch noch nicht genau geklärt, wieso einige Menschen unter Nasenatmungsbehinderungen leiden, obwohl sie zum Beispiel gute anatomische Ausgangsbedingungen mit sich bringen, und wo der genaue Ursprung dieser Probleme liegt.

Deswegen ist es von immenser Bedeutung, ein möglichst eindeutiges und genaues Messverfahren an der Hand zu haben, um daraus eine genauso eindeutige Diagnose ableiten zu können, die wiederum ein auf den Patienten evtl. individuelles Behandlungskonzept bzw. Operationsverfahren nach sich ziehen kann.

Momentan stehen als Diagnoseverfahren zum einen die Rhinomanometrie sowie die Rhino(endo)skopie zur Verfügung.

Bislang gilt die Rhinomanometrie, die erstmals von *Semarek* 1958¹² beschrieben wurde, als „Goldstandard“ im klinischen Gebrauch um nasale Atemwegsbehinderungen festzustellen. Mit Hilfe dieses Gerätes kann eine funktionelle Messung des Druck-/Volumenstrom-Verhältnisses durchgeführt werden¹³. Bei der anterioren Rhinomanometrie wird das Durchflussvolumen durch ein Nasenloch im Vergleich zu der Druckdifferenz zwischen Naseneingang und Nasenrachen während des Atemzykluses gemessen.

Die Quantifizierung erfolgt in Vol./sec. bei der Druckdifferenz von 150 Pascal.

Diese beträgt beim gesunden Erwachsenen ~500ml/s vor und ~700 ml/s nach Schleimhautabschwellung.

In Ruhe beträgt der Luftstrom ~180 ml/s bei einer Druckdifferenz zwischen Naseneingang und Nasopharynx von 50 Pascal.

Der durchschnittliche gesamte nasale Strömungswiderstand beträgt beim gesunden Erwachsenen ca. $0,26 \text{ Pa cm}^3 \text{ s}^{-1}$ ¹⁴

¹² Semarek (1958) Z. f. HNO- Heilk. 37: 248- 261

¹³ Schumacher (1989) „Rhinomanometry.“ J Allergy Clin Immunol 83: 711- 718

¹⁴ Warren et al (1987) Arch Otolaryngol Head Neck Surg Vol 113: 405- 408

Mlynski und *Löw*¹⁵ beschreiben auch, dass für eine uneingeschränkte Lebensqualität eine Atemstromgeschwindigkeit von $V = 250 \text{ ml/s}$ erforderlich ist und der Widerstand gleichzeitig ausreichend niedrig ist.

Trotzdem weist diese Messmethode Schwächen auf, unter anderem, dass keine nähere Spezifizierung sowie Lokalisierung der Engpässe möglich ist und das Messergebnis auch stark von der Mitarbeit des Patienten abhängig ist. Des Weiteren können Artefakte bei der Messung durch die Oliven erzeugt werden; diese führen nämlich zu einer Aufweitung des Naseneingangs und der Nasenklappen und somit zu einer Verformung der eigentlichen Nasenanatomie. Über dies hinaus sind Irritationen der Nasenschleimhaut durch das Gerät möglich.

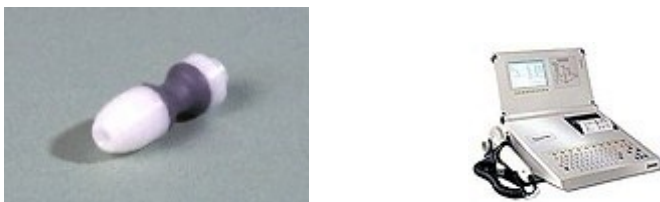


Abbildung 3: Beispielbilder einer Olive und eines Rhinomanometers.

Quelle: EST Medizintechnik AG

(Die Olive stellt das Verbindungsglied zwischen Nase und dem Rhinomanometer dar).

Ein weiteres Verfahren stellt, auch optional zusätzlich zur Rhinomanometrie, die Rhino(endo)skopie dar. Hierbei handelt es sich um ein starres oder flexibles Endoskop, welches Seiten getrennt über die Nasenöffnung eingebracht wird.

¹⁵ Mlynsk et al (1993) Laryngo- Rhino- Otol. 72: 608- 610



Abbildung 4: Beispielbild eines starren Rhinoskops.

Quelle: Karl Storz Endoskope

Der Betrachter erhält jedoch nur ein Bild von dem vorderen Anteil der Nase, die tatsächlichen Verhältnisse in mittleren und hinteren Abschnitten können mit unbewehrtem Blick des Auges nicht mit ausreichender Sicherheit beurteilt werden. Außerdem handelt es sich um ein sehr subjektives Verfahren, da die Befundung stark vom „Auge des Betrachters“ und von dessen Erfahrung abhängig ist. Auch kommt es hierbei wieder zu den oben, bei der Rhinomanometrie bereits, genannten möglichen Irritationen oder sogar Verletzungen/Reizungen der Nasenschleimhäute.

Wird die Rhino(endo)skopie zusätzlich zur Rhinomanometrie angewandt, wird die rein physikalische Messvariante um die optische erweitert und man kann zum Teil Engpässe näher bezeichnen, wenn sie denn mit dem bloßen Auge sichtbar sind.

2.1 Ziel und Aufgabenstellung der Arbeit

Wir entschieden einen aufwendigen Weg zunehmen, unsere Arbeit in zwei Schritten aufzuteilen:

Große Variationsbreite der Nasenmorphologie bei einer sehr großen Zahl an Patienten (Teil A der Dissertation: Nasenbibliothek) und in einem zweiten Schritt experimentelle Untersuchung zur Auswirkung von klimatischen Veränderungen der Nasenmorphologie an einer kleinen Anzahl von Probanden (Teil B: Dynamik).

Dabei stellten sich folgende Fragen:

Liefert das MRT als bildgebendes Verfahren bessere bzw. genauere Ergebnisse in der Diagnostik als die bisherigen oben genannten herkömmlichen Verfahren? Die Vermutung liegt nahe, dass objektiv messbare Bilder eine genauere Lokalisation und Spezifizierung der Ursachen ermöglichen. Außerdem sind sie unbestechlich.

Weiterhin ist im MRT eine Unterteilung in knöcherne und weiche Strukturen möglich. Dies ist insofern interessant, da die weichen Strukturen der Nase, sprich die Schleimhäute, auf verschiedene Temperaturen unterschiedlich mit an- oder abschwollen reagieren. Dies könnte zum Zeitpunkt der Aufnahmen verfälschend auf den Diagnosegrad wirken, weshalb dies für bildgebende Verfahren besonders zu überprüfen ist.

Jedoch wäre dieser Umstand für alle Messmethoden gleich.

Nachteile des MRT stellen bislang die Schichtdicke der Bilder und der erhöhte zeitliche sowie finanzielle Aufwand dar.

Ziel dieser Arbeit ist aufzuzeigen, auf welche klimatischen Bedingungen die Nasen bzw. ihre Binnenstrukturen, vor allem die Schleimhäute, am stärksten reagieren und ob es besondere Lokalisationen gibt, die sich am deutlichsten verändern. Dies wollen wir anhand von MRT- Aufnahmen nachweisen, wobei auch die Standarduntersuchungsmethoden der HNO wie Rhinomanometrie und Rhino(endo)skopie als auch das subjektive Empfinden durchgeführt werden.

Des Weiteren wird untersucht, welche Empfindungen die Probanden bei den einzelnen klimatischen Bedingungen verspüren und ob diese mit dem Verhalten der Nasenmukosa übereinstimmen.

Ein weiteres Ziel ist es nachzuweisen, dass das MRT den bisherigen Standarduntersuchungen wie Rhinomanometrie oder Rhino(endo)skopie gleichwertig bzw. sogar überlegen ist.

Weiterhin wurde eine Bibliothek erstellt. Diese enthält 949 retrospektiv erfasste CT- Bilder von Patienten, die im Hinblick auf die Binnenstruktur des Nasenvorhofes sowie des Nasencavums ausgemessen und statistisch ausgewertet werden. Diese sollen die Frage klären, ob sich anhand der ausgemessenen Daten der Nasenform sowie –struktur natürlich gegebene Gruppen erfassen lassen, die später mit den MRT- Aufnahmen verglichen werden können.

Zusammenfassung der Ziele:

Teil A

- Wie sieht die Variabilität verschiedener morphologischer Strukturen und Räume in menschlichen Nasen aus?
- Lassen sich innerhalb der Bibliothek natürliche Gruppen für Nasenformen finden?

Teil B

- Ist das MRT zur Diagnostik von Nasenatmungsbehinderungen geeignet?
- Wie wirkt Temperatur und/oder Feuchtigkeit auf die Binnenstruktur der Nase?
- Welche Kombination aus Temperatur und Feuchtigkeitsgrad führt zur stärksten Reaktion der Nasenschleimhaut?
- Gibt es bestimmte Regionen des Nasenbinnenraums, die besonders stark bzw. schwach anschwellen?
- Wie reagiert die Nasenschleimhaut, vor allem die untere Muschel, auf die Klimata: kalt/trocken (k/t) und warm/feucht (w/f) verglichen mit der jeweiligen Ausgangsmessung in Raumluft?
- Wie empfinden die Probanden die einzelnen klimatischen Bedingungen? Stimmen die Empfindungen mit dem Verhalten der Nasenmukosa bzw. der Nasenmuscheln überein?

3. Danksagung

Die vorliegende Dissertation war im Fachbereich der Hals- Nasen und Ohrenheilkunde der Heinrich- Heine Universität Düsseldorf angesiedelt. Zum Gelingen hat eine Vielzahl an Personen beigetragen, denen ich an dieser Stelle herzlich danken möchte.

Zunächst gilt mein Dank meinem Doktorvater Professor Dr. Lamprecht für die Betreuung der Arbeit während der Dauer des Promotionsvorhabens sowie dem Direktor der Hals- Nasen und Ohrenklinik Univ.- Professor Dr. med. M.L. Jörg Schipper. Danken möchte ich auch Professor Dr. Krüssel für die Übernahme des Co- Referenten und Privat-Dozent Dr. Meißner, als auch Dr. Montag für die Unterstützung in der Radiologie des Alfried- Krupp- Krankenhauses.

Weiterhin gebührt mein Dank dem anfänglichem Team Dr. R. Schatton, N. Bönisch und B. Stolz.

Auch möchte ich mich bei meinen Freunden herzlich bedanken, die mich nicht nur tatkräftig unterstützt haben, sondern mich stets aufbauten und für die erforderliche Abwechslung sorgten.

Schließlich danke ich meiner Familie und meinem Mann, für das Verständnis und die aufgebrachte Geduld während der Zeit, die ich an dieser Arbeit verbracht habe.

Hierbei gilt mein besonderer Dank meinem Mann, der mich in allen Phasen meiner Promotion uneingeschränkt und bedingungslos unterstützt hat. Er hat einen erheblichen Anteil an dem erfolgreichen Abschluss dieser Dissertation. Als kleinen Dank möchte ich ihm und meiner Familie, ohne die mein Medizinstudium und eine Doktorarbeit niemals möglich geworden wären, diese Arbeit widmen.

A. Bibliothek

Neben diesen „schwellungsabhängigen“ Unterschieden innerhalb einer Nase gibt es auch individuelle Unterschiede:

Die Morphologie der Nase ist sehr vielgestaltig; in den Lehrbüchern sind lediglich die durchschnittlichen Nasenmaße beschrieben.

Diese Variabilität ist jedoch von erheblichem Interesse, besonders die Untersuchungen zur Aerodynamik des Luftstroms durch die Nase sind auf solche Daten angewiesen, die bislang nur relativ wenig in der Literatur verzeichnet sind.

1. Probanden, Material und Methoden

1.1 Probandenkollektiv

Für die Erstellung einer Bibliothek sind innerhalb eines Zeitraums von 01.01.2003 bis 20.04.2005 circa 949 CT-Aufnahmen von Nasen (Cavum nasi) bzw. Nasenhöhlen und Nasennebenhöhlen angefertigt und retrospektiv vermessen worden. Die CT- Bilder sind aufgrund der Routinediagnostik der HNO-Abteilung des Alfred Krupp Krankenhauses in Essen erhoben worden.

1.2 Material und Methode

Verwendet wurde das CT der Firma Siemens. Dies weist eine Sequenz Coronar Protonendicht (PD) von TR 4620 ms und eine TE von 44 ms sowie eine Schichtdicke von 3mm, FoV 140x140 mm, eine Auflösung von 512 pix, eine Phasenauflösung von 256 pix und eine Fettsättigung, das heißt, das Fettsignal wird unterdrückt und somit schwarz dargestellt, auf.

In der Sequenz transversal T2 gewichtet weist es folgende Merkmale auf:

TR 5790 ms, TE 113 ms, Schichtdicke 3,5 mm, FoV 120x120, Auflösung 512 pix sowie Phasenauflösung 256 pix.

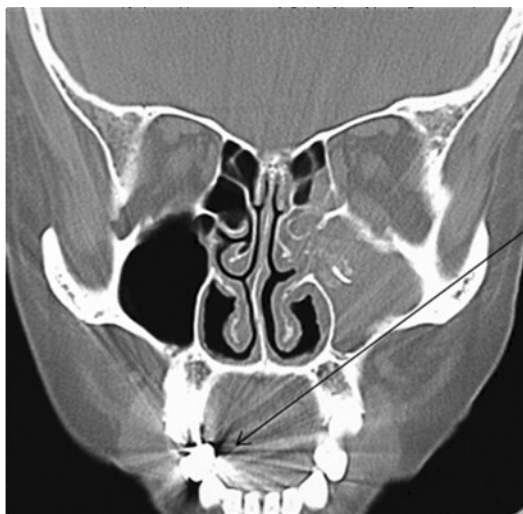
Als Auswertungsprogramm wurde Impax von Aqua benutzt, als Programm Syngo.

1.2.1 Vorgehensweise

Der Großteil der Aufnahmen wurde in axialen Schichten gefahren, da hier der Vorteil der

Lagerung besteht. Hierbei können die Patienten normal auf dem Rücken liegen und müssen nicht, wie bei den coronaren Aufnahmen, auf dem Bauch mit überstrecktem Hals gelagert werden.

Obwohl der coronaren Schichtung allgemein der Vorzug gegeben wird, wurde nur ein kleiner Teil auf diese Weise mittels MRT aufgenommen. Grund dafür ist zum einen die erschwerte Lagerung, die vor allem ältere Leute sehr schlecht tolerieren, als auch die erhöhte Artefaktrate, welche durch metalledichte Zahnfüllungen entstehen können.



Artefakt durch Zahnfüllung (in leichter Ausprägung)

<http://cnol.google.com/c/-/pi3g5WQ/3TZAmCt%20scan-grayscale.gif>

Abbildung 5: Schädel- CT- Bild mit Darstellung eines Artefaktes durch eine metallhaltige Zahnfüllung.

Insgesamt gilt jedoch als Standardverfahren bei endonasalen chirurgischen Eingriffen eine präoperative, meist coronare, computertomographische Darstellung.

Anschließend wurden die Aufnahmen retrospektiv vermessen und statistisch ausgewertet.

Die Ausmessungen erfolgten jeweils mit dem Zentimeter-Maß im CT Image.

Die Bibliothek wurde angelegt um Aussagen über Mittelwerte von den die Nase auskleidenden Schleimhäuten treffen zu können und um herauszufinden, ob es Nasentypen gibt, die anhand bestimmter Parameter festzulegen sind. In Folgearbeiten könnte dann herausgefunden werden, ob bestimmte vorher festgelegte Nasentypen mehr oder weniger zu Nasenatmungsbehinderungen neigen, oder ob gewisse anatomische Varianten Atembehinderungen fördern.

1.2.2 Festlegung der Messpunkte innerhalb der Bibliotheksprobanden

Es wurden zwei Messdatengruppen erhoben: einmal das Vestibulum nasi sowie die Cavum nasi.

Vestibulum nasi:

Um das Vestibulum nasi zu vermessen wird die CT-Schicht aufgesucht, in der der komplette Nasenvorhof sowie die Nasenspitze abgebildet ist.

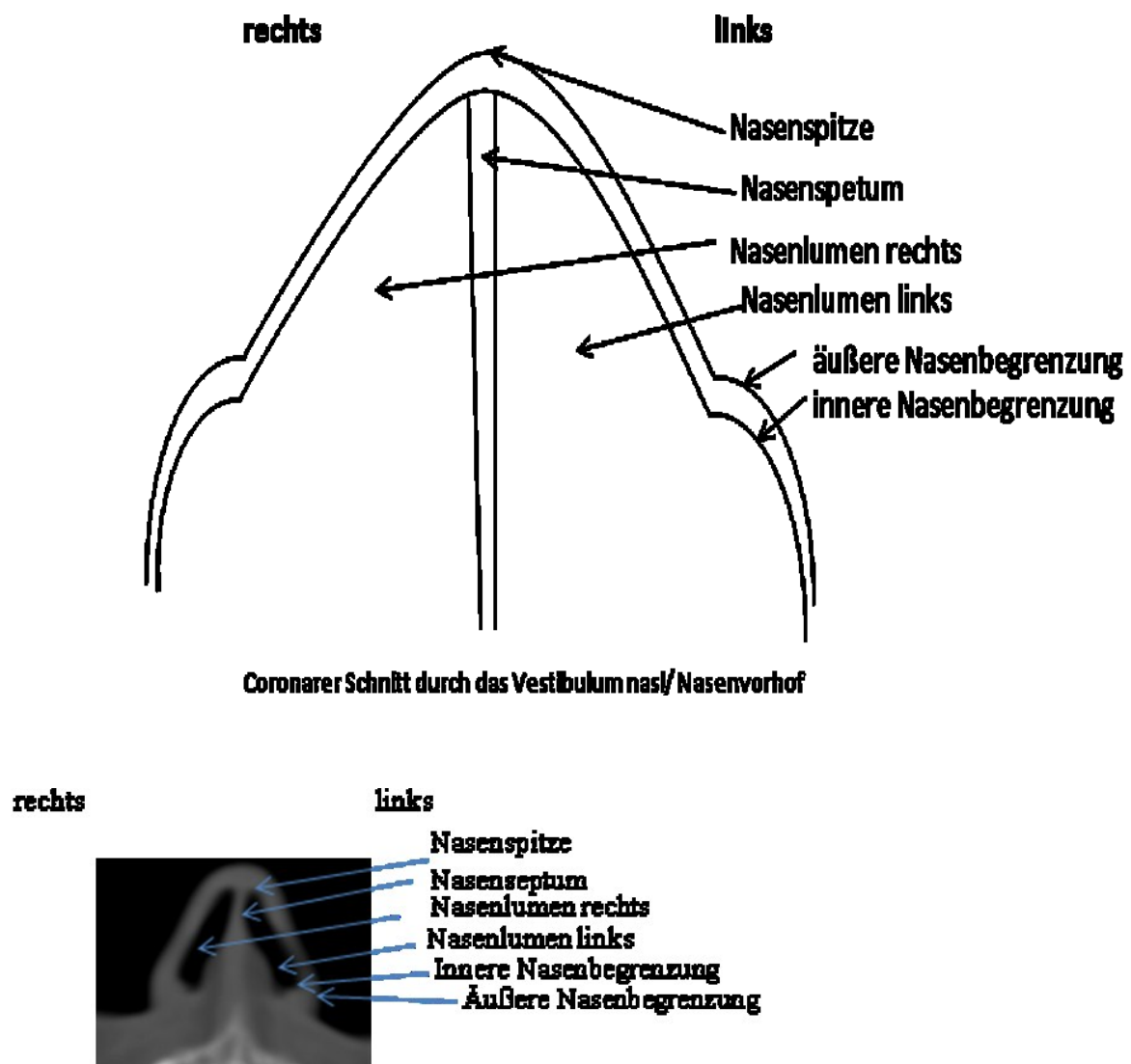
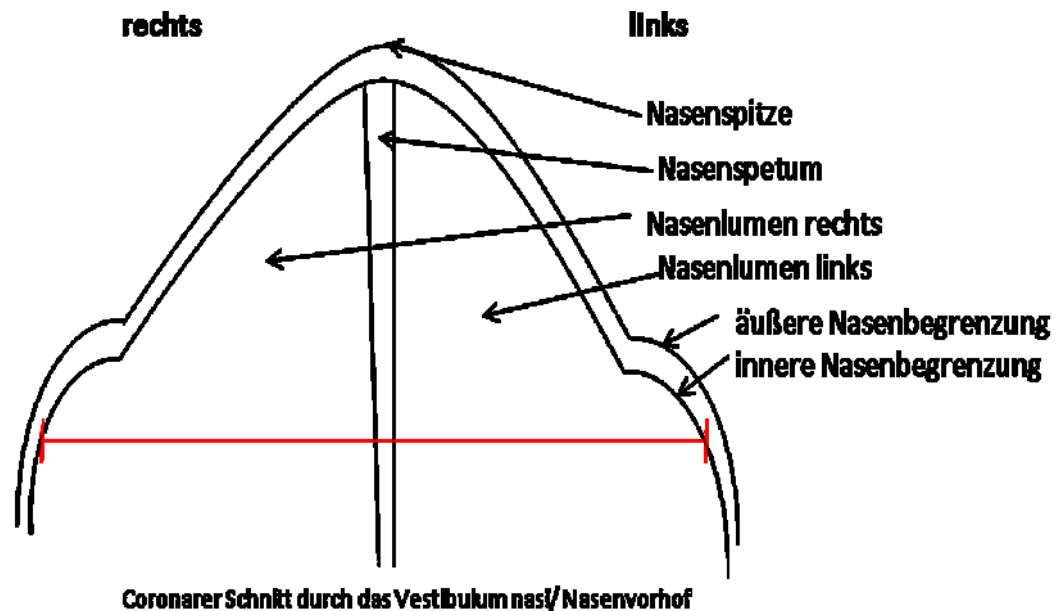


Abbildung 6: CT- Abbildung des Vestibulums nasi.

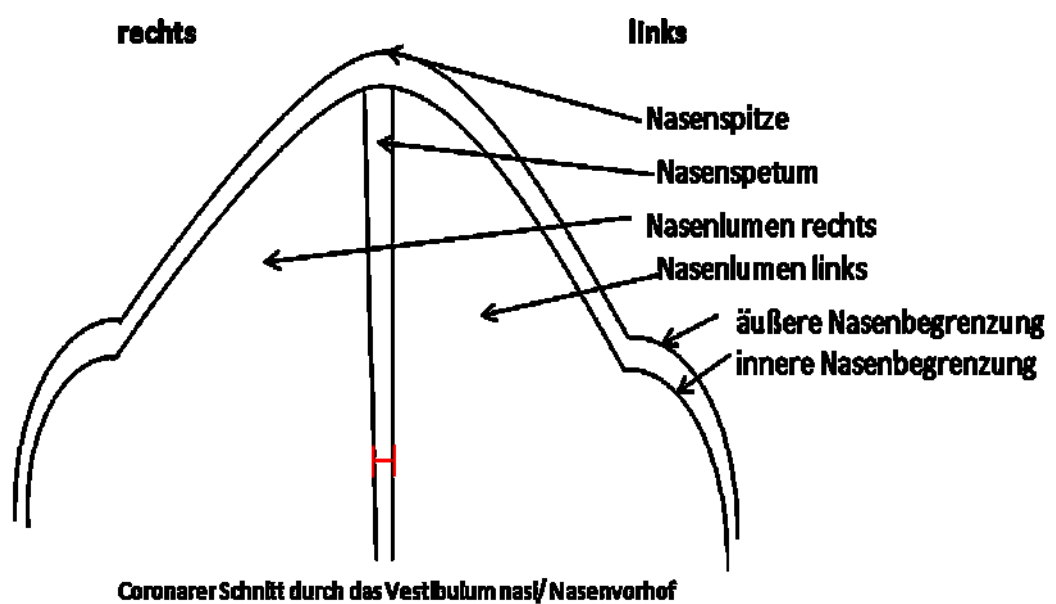
Es wurden insgesamt sieben Messpunkte festgelegt:

Als erstes wurde die Gesamtbreite des Nasenvorhofes (A) vermessen.

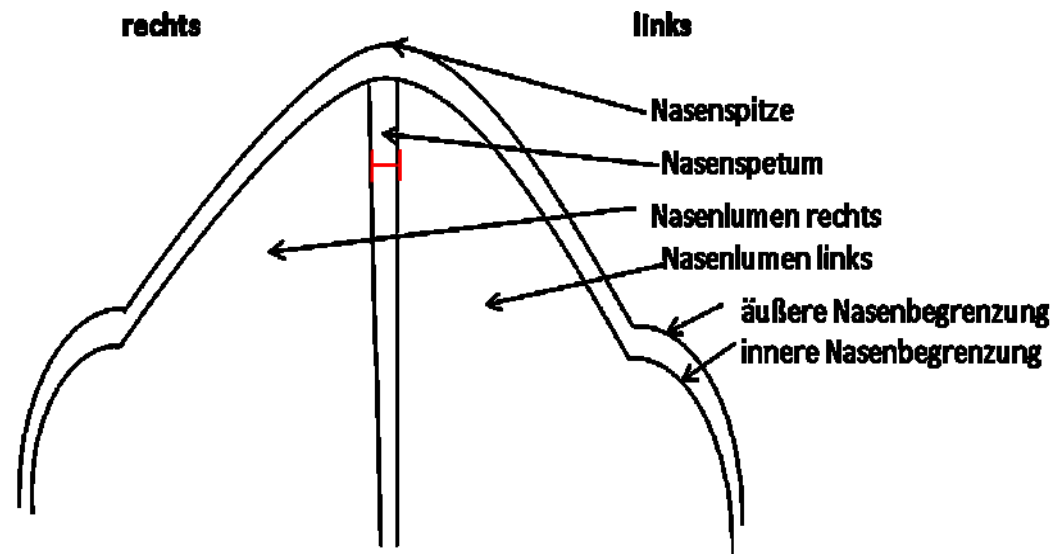


A= Gesamtbreite des Nasenvorhofes; gemessen von der inneren Nasenbegrenzung.

Danach folgten die Breiten des Septums an der dünnsten (B) und an der breitesten (C) Stelle,



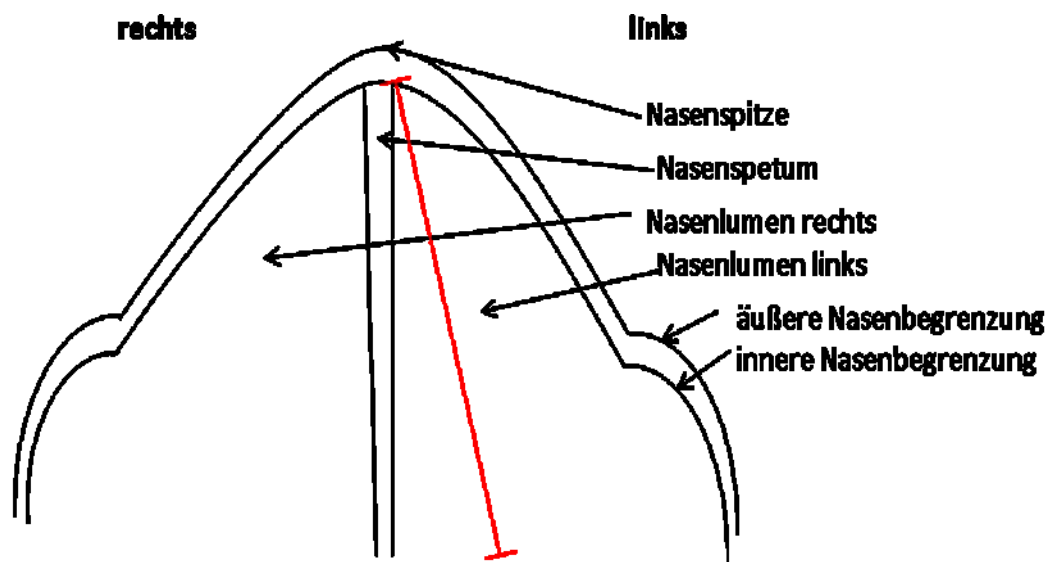
B= Breite des Nasenseptums an der schmalsten Stelle.



Coronarer Schnitt durch das Vestibulum nasale/Nasenvorhof

C= Breite des Nasenseptums gemessen an der breitesten Stelle.

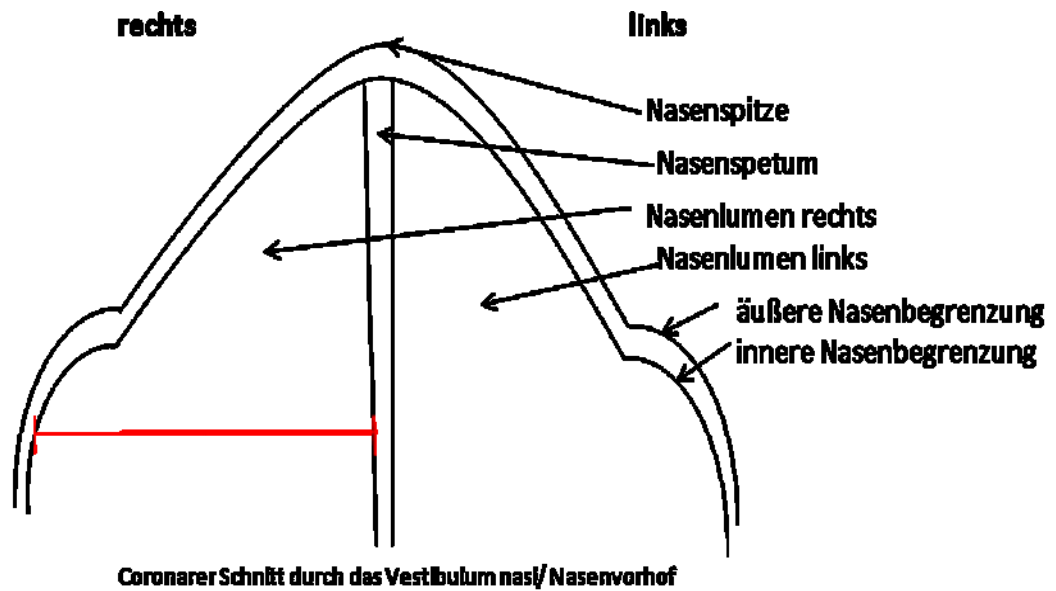
die Tiefe bis zur Maxilla (D), jedoch nur in der linken Nasenhälfte



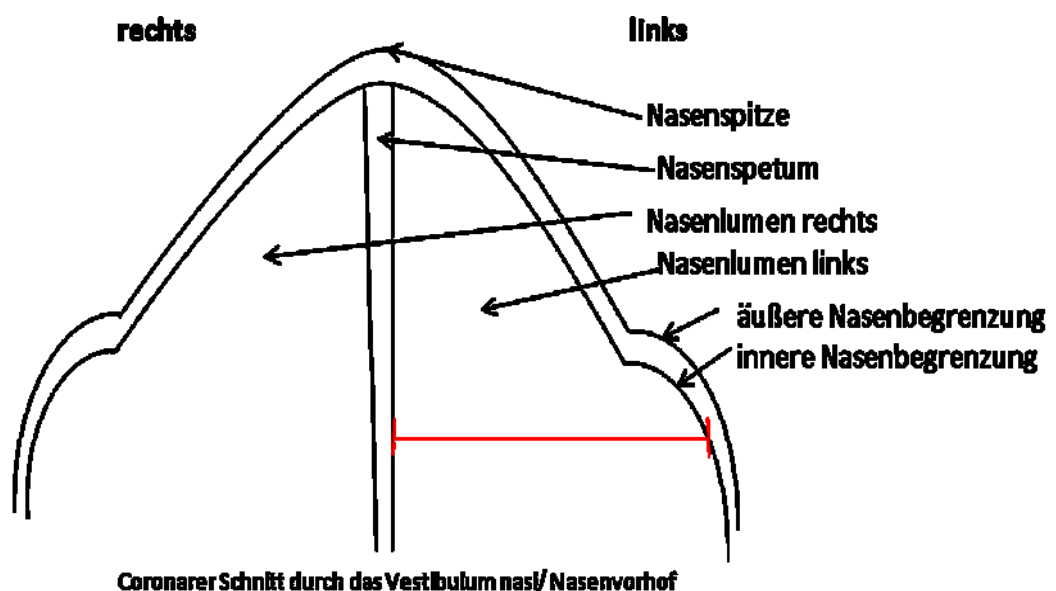
Coronarer Schnitt durch das Vestibulum nasale/Nasenvorhof

D= Tiefe in Höhe Maxilla bis Vorderwand des Nasenvorhofes.

sowie getrennt die Breite des rechten (E) und des linken (F) Nasenlumens.

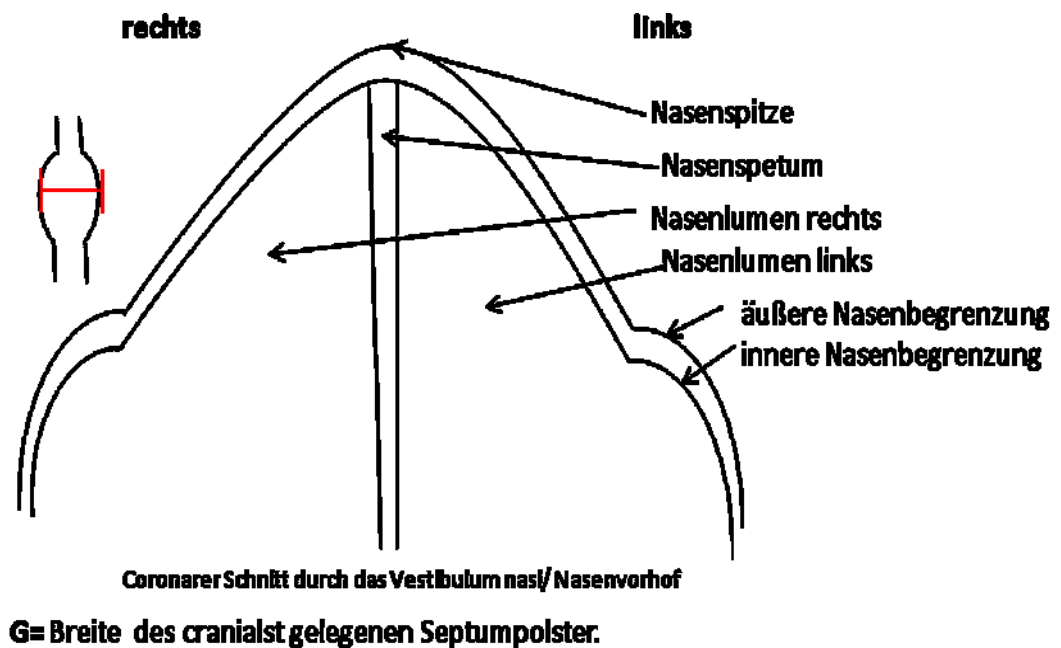


E= Breite des rechten Nasenlumens; gemessen an der breitesten Stelle.



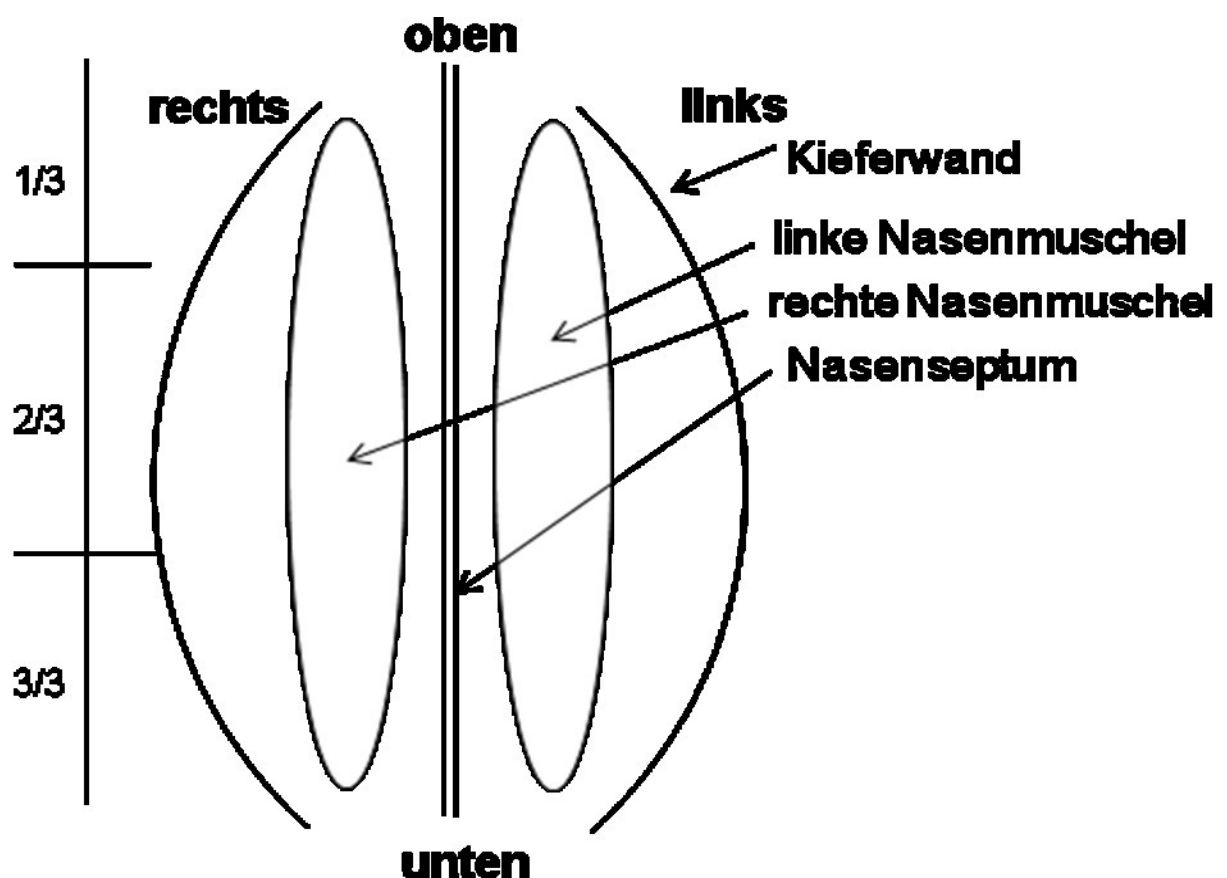
F= Breite des linken Nasenlumens; gemessen an der breitesten Stelle.

Als letzter Punkt wurde dann noch die Breite des Septumpolsters ausgemessen. Hierbei handelt es sich um die breiteste Stelle des Septums. Sie liegt am weitesten cranial in der Nähe der Lamina cribriformis und stellt ein „Polster“ bestehend aus Schwellgewebe und Blutgefäßen dar.



Cavum nasi:

Um die Messpunkte innerhalb der mittleren Nasenmuschel zu bestimmen, wird die am weitesten cranial gelegene Schicht aufgesucht und von dort so weit kaudal gefahren, bis zum ersten mal die mittlere Muschel komplett abgebildet ist. Danach wird die Länge gedrittelt und somit erhält man zwei fixe Messhöhen (ventraler und kaudaler Anteil) innerhalb eines vermessenen Patienten, auf denen man folgende Messpunkte bzw. Messstrecken, auf beiden Seiten getrennt, abtragen kann:

**Aufinden der richtigen Messhöhe:**

Man sucht die am weitesten kranial gelegene Schicht auf. Von dort wird sowohl rostral/kaudal gefahren, bis zum ersten mal die unteren beiden Muscheln komplett abgebildet sind.

Daraufhin wird das Lot gefällt, die Länge gedrittelt. Somit erhält man zwei fixe Messhöhen innerhalb eines Patienten.

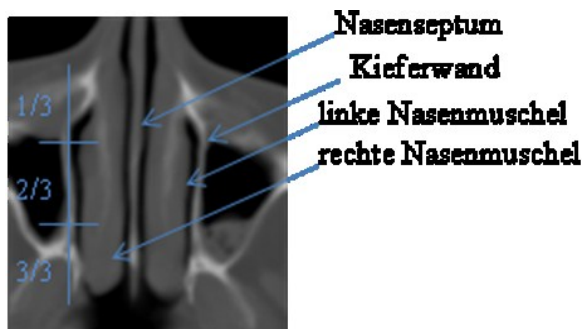
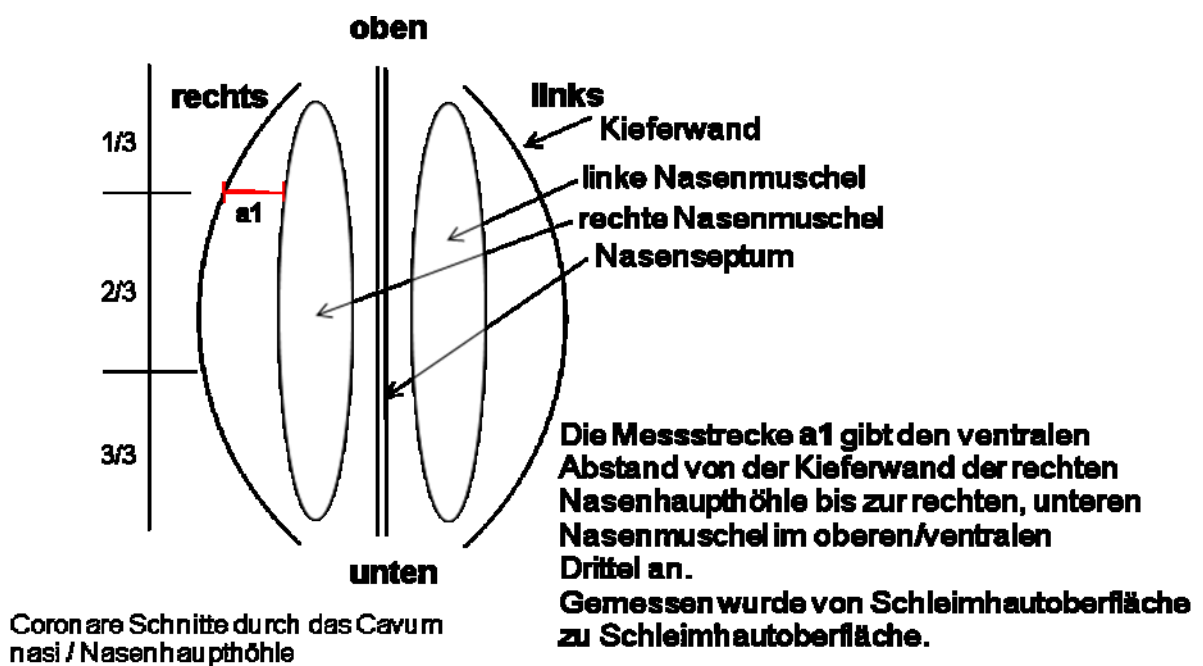


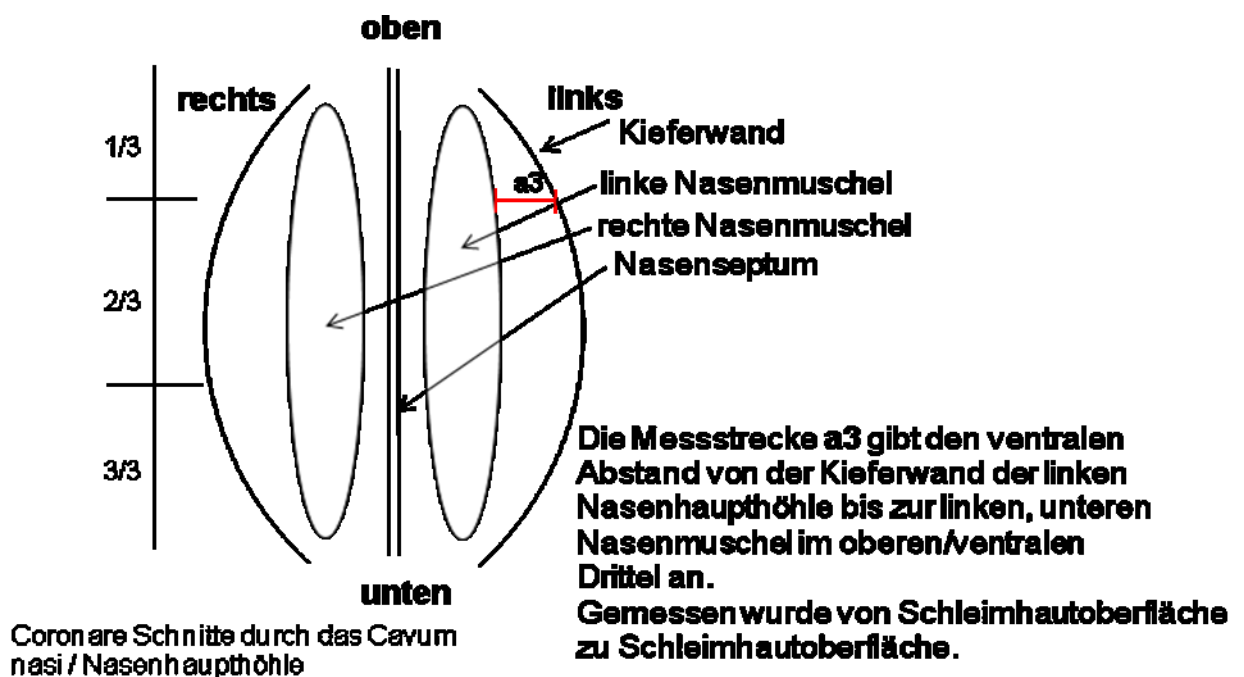
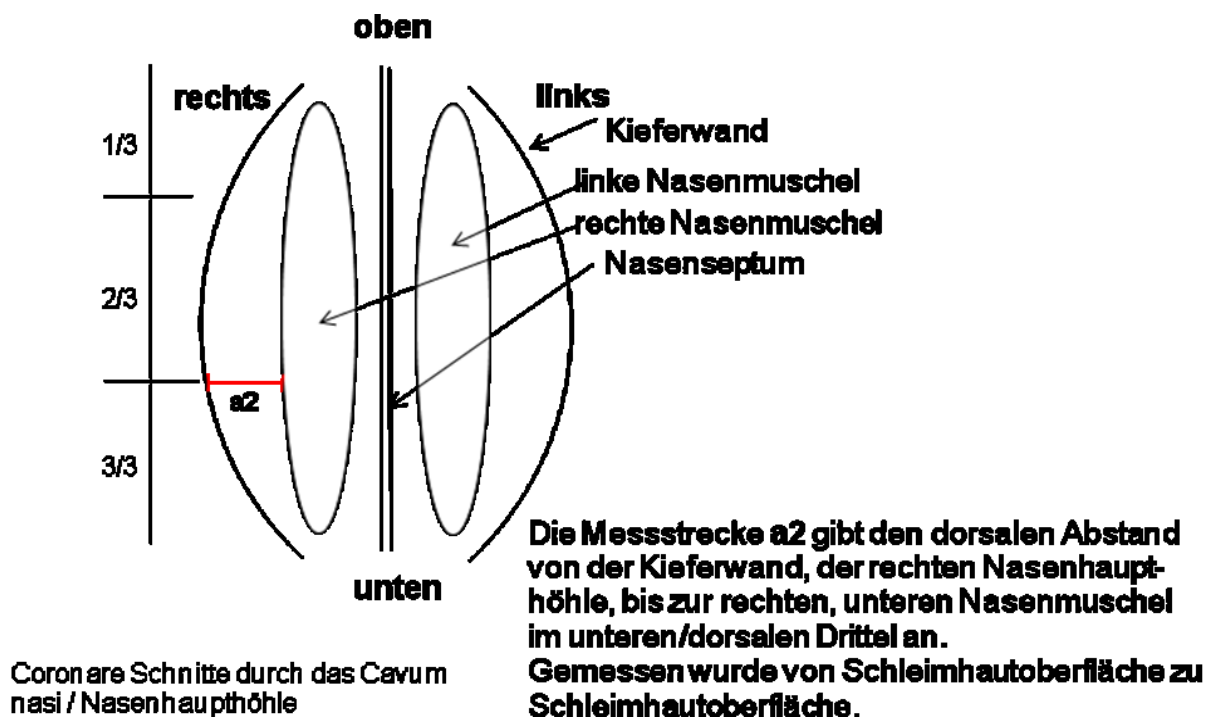
Abbildung 7: Coronares CT-Bild des Cavum nasi.

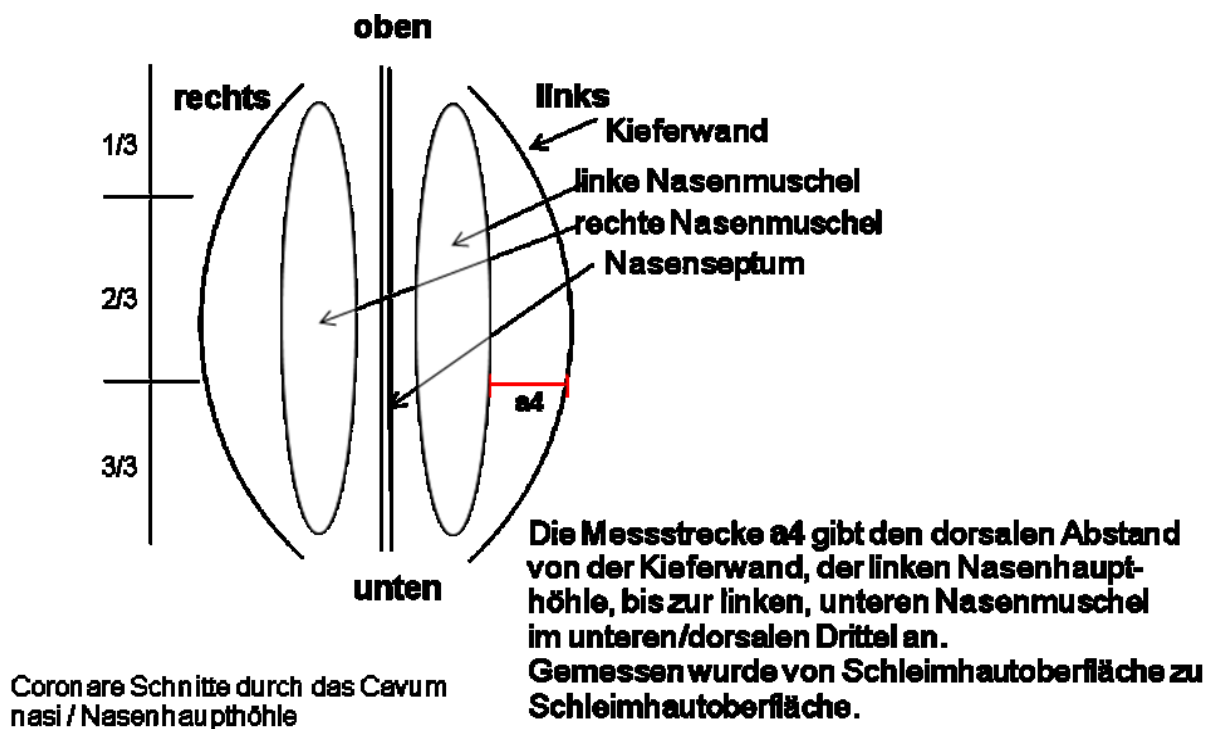
Der ventrale (a1 und a3) sowie der dorsale (a2 und a4) Abstand von Kieferwand zur Muschel

16

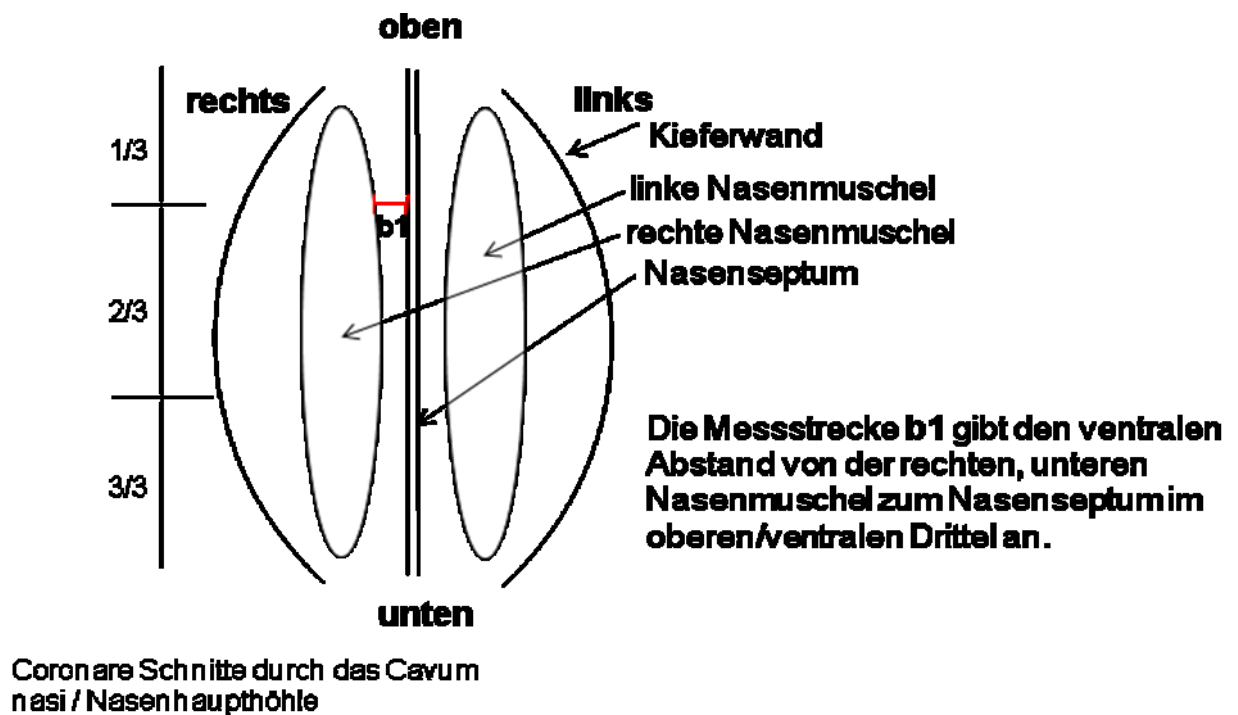


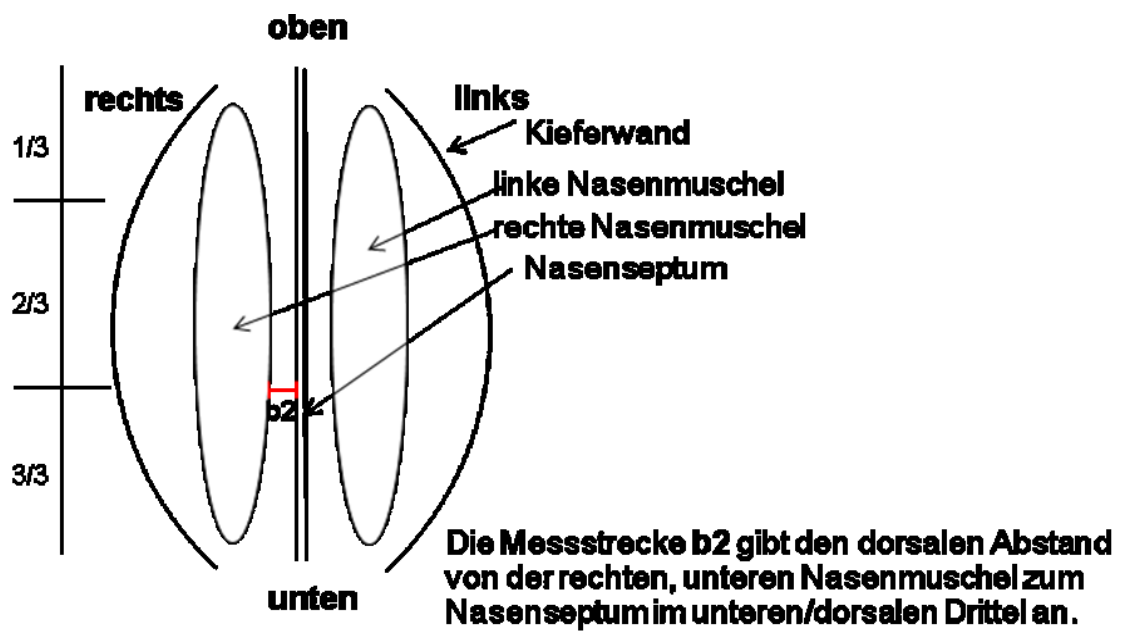
¹⁶ Gemessen von Schleimhautoberfläche zu Schleimhautoberfläche.



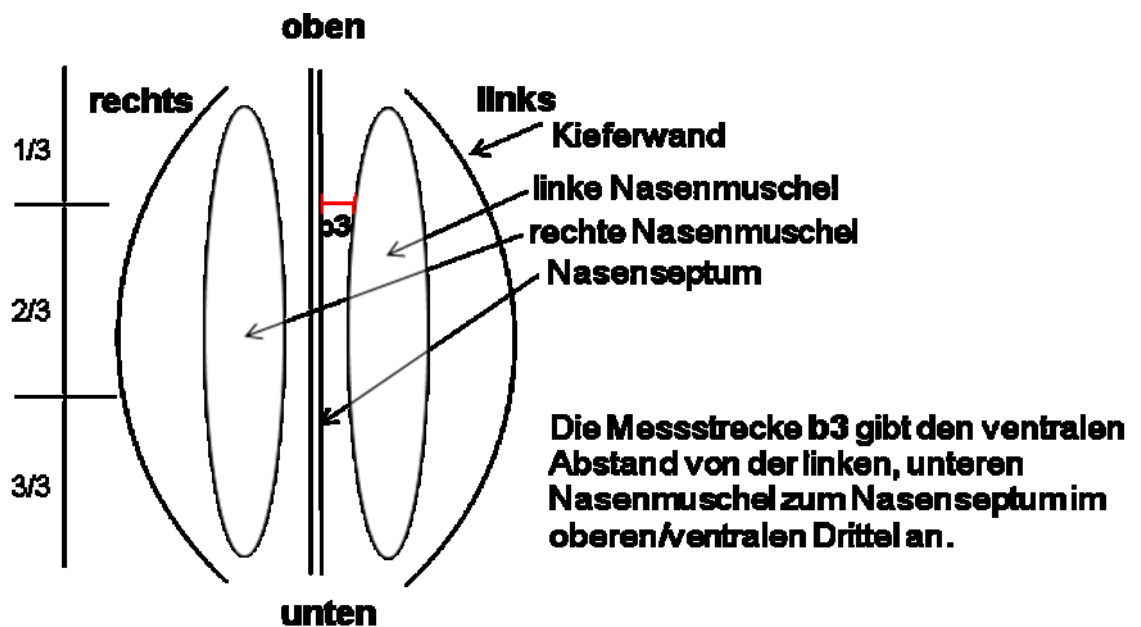


als auch der ventrale (b1 und b3) und der dorsale (b2 und b4) Abstand von Nasenmuschel zum Nasenseptum.

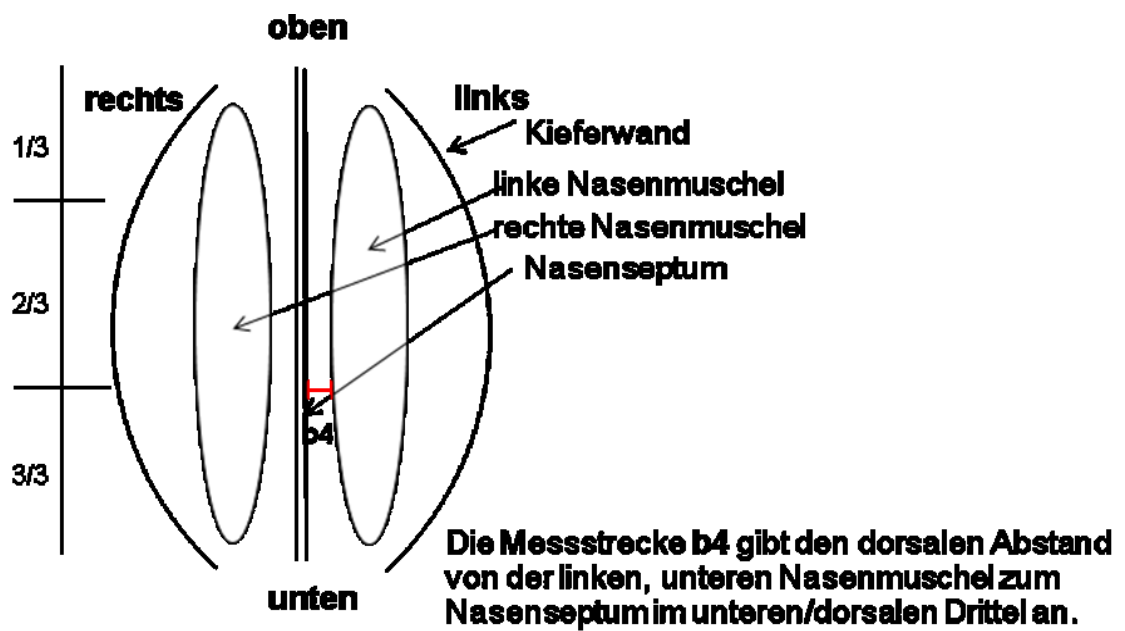




Coronare Schnitte durch das Cavum
nasi / Nasenhöhle

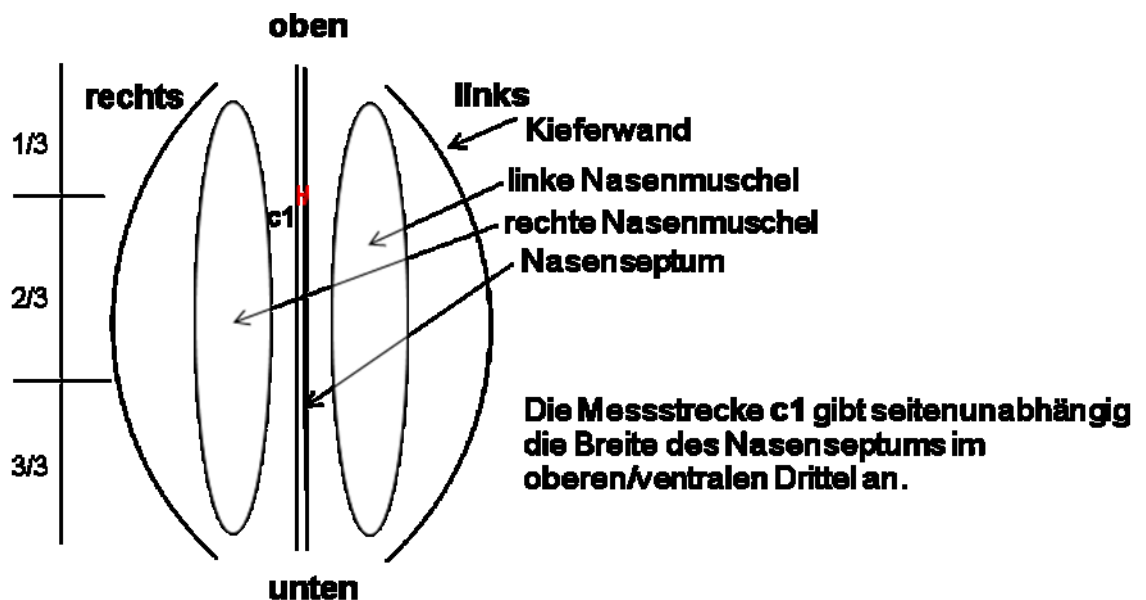


Coronare Schnitte durch das Cavum
nasi / Nasenhöhle

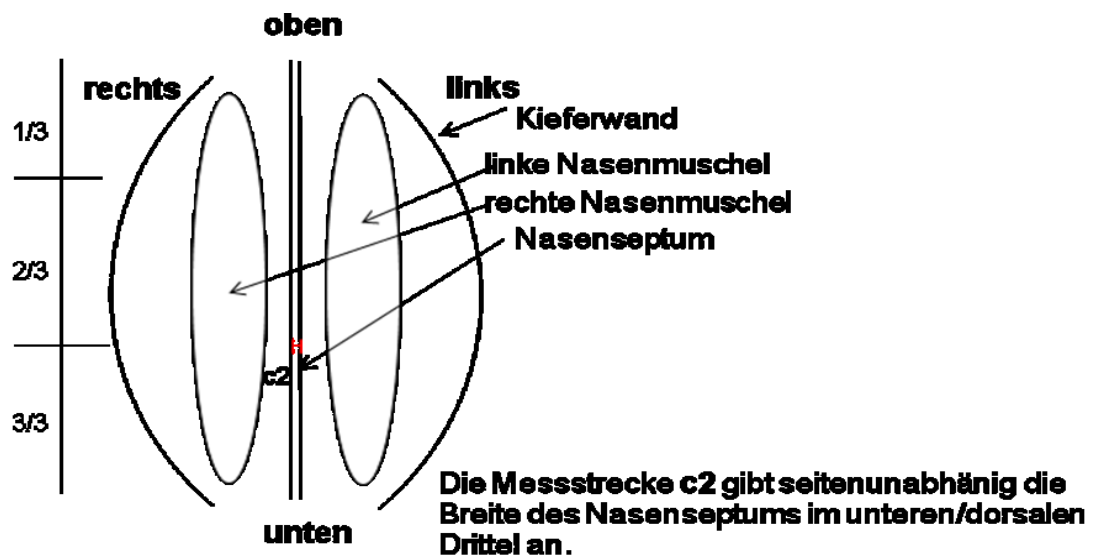


Coronare Schnitte durch das Cavum
nasi / Nasenhaupthöhle

Jeweils seitenunabhängig wurden die ventrale (c1) als auch dorsale (c2) Dicke des Septums

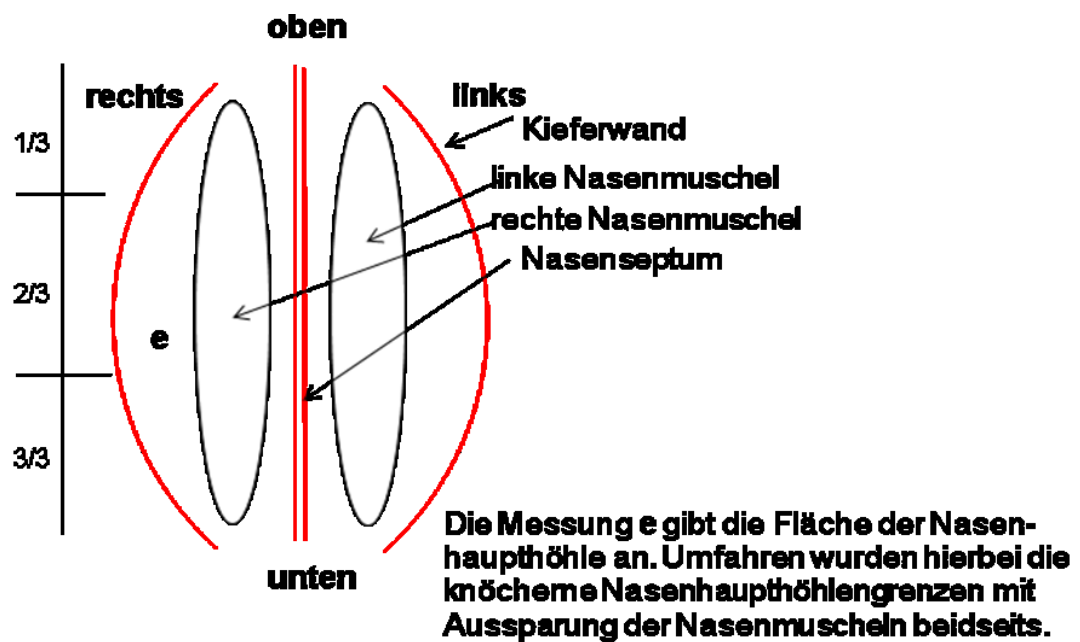


Coronare Schnitte durch das Cavum
nasi / Nasenhaupthöhle



Coronare Schnitte durch das Cavum nasi / Nasenhaupthöhle

sowie die Gesamtbreite der Nasenhaupthöhle ¹⁷ (d) als auch die Fläche (e) der gesamten Nasenhaupthöhle vermessen.



Coronare Schnitte durch das Cavum nasi / Nasenhaupthöhle

¹⁷ Nasenhaupthöhle = NHH

Knöcherne und weiche Strukturen:

Zu unterteilen sind die Messpunkte auch in knöcherne und weiche Strukturen. Zu den dynamischen, weichen Strukturen gehören die Messpunkte: Gesamtbreite Nasenvorhof (A); Breite Septum [dickste sowie dünnste Stelle] (B, C); Breite Lumen rechts, links (E, F); Septumpolster (G); ventraler und dorsaler Abstand Kieferwand Muschel (a1-a4); ventraler und dorsaler Abstand Muschel Septum (b1-b4) sowie Dicke Septum [ventral als auch dorsal] (c2, c3).

Die restlichen Punkte (D, e, d) zählen zu den statischen, knöchernen Strukturen, die vor allem für eine Gruppeneinteilung von Bedeutung sind, da diese nicht von äußeren Einflüssen, wie zum Beispiel der Lufttemperatur et cetera, beeinflusst werden.

1.2.3 Geräteliste

CT

Magnetresonanztomograph (MRT) Siemens Magnetom Sonata 1,5 Tesla Maestro Class

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - Sequenz Coronar Protonendichte (PD) | TR 4620 ms TE 44ms |
| | Schichtdicke: 3mm |
| | FoV 140x140 mm |
| | Auflösung: 512 pix |
| | Phasenauflösung: 256 pix |
| | Fettsättigung = d.h. Fettsignal wird unterdrückt (Fett = schwarz) |
| - Sequenz transversal T2 gewichtet | TR 5790 ms TE 113 ms |
| | Schichtdicke: 3,5 mm |
| | FoV 120x120 |
| | Auflösung: 512 pix |
| | Phasenauflösung: 256 pix |

1.2.4 Biometrieauswertung

Für die Bibliotheksauswertungen wurden die Summe, der Mittelwert, die Standardabweichung, der Median sowie Minimum als auch Maximum errechnet.

Zusätzlich wurden Punktwolken und Histogramme erzeugt, um durch die Häufigkeitsverteilung, eventuell native Gruppen sichtbar machen zu können (zum Beispiel: lange, schmale Nasen; kurze, breite Nasen).

Über dies hinaus wurde eine Rangkorrelationsmatrix nach Spearman angefertigt.

Programme:

- MRT Programm Syngo
- MRT Auswertungsprogramm impax von Aqua
- Statistisches Auswertungsprogramm Microsoft Excel

2. Ergebnisse

2.1 Messwerte der Bibliothek

Wie bereits beschrieben, wurden in der Bibliothek 949 CT- Bilder von Patienten retrospektiv vermessen, die innerhalb der Routinediagnostik der HNO-Abteilung des Alfried-Krupp Krankenhauses zuvor erhoben worden waren.

Alle Messungen wurden unter Raumluftbedingungen durchgeführt.

Die Messpunkte wurden zum einen im Vestibulum nasi und zum anderen im Cavum nasi erhoben.

Vestibulum nasi:

Die Breite des Septums im Vestibulum liegt im Median an der breitesten Stelle (A) bei 2,42 cm an der dünnsten Stelle (B) bei 0,31 cm. Die Standardabweichung beträgt je 0,36 und 0,09. Das Maximum ist für A = 3,63 cm und B= 0,83 cm; das Minimum für A = 1,28 cm und B = 0,11 cm.

Die Tiefe bis zur Maxilla (D) liegt im Median bei 1,00 cm und die Standardabweichung bei 0,37 cm. Das Maximum nimmt den Wert 3,74 cm ein und das Minimum 0,10 cm.

Der mediane Wert für das Septumpolster¹⁸ (G) ist 1,08 cm, die Standardabweichung 0,21 cm.

Der kleinste Wert des Septumpolsters liegt bei 0,25 cm, der größte bei 1,90 cm.

Messstrecke Vestibulum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
A= Gesamtbreite Nasenvorhof	2,42	0,36	2,42	1,28	3,63



¹⁸ Dies stellt die breiteste Stelle des Septums dar und liegt am weitesten cranial in der Nähe der Lamina cribriformis. Es stellt ein „Polster“, bestehend aus Schwellgewebe und Blutgefäßen dar.

Messstrecke Vestibulum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
B= Breite Septum, schmalste Stelle	0,32	0,09	0,31	0,11	0,83



Messstrecke Vestibulum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
C= Breite Septum, breiteste Stelle	0,64	0,17	0,61	0,15	1,52



Messstrecke Vestibulum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
D= Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	1,04	0,32	1,00	0,10	3,74



Messstrecke Vestibulum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
E= Breite Lumen rechte Seite	0,96	0,21	0,94	0,18	1,94



Messstrecke Vestibulum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
F= Breite Lumen linke Seite	3,10	0,51	3,15	0,46	4,24



Messstrecke Vestibulum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
G= Septumpolster	1,08	0,21	1,08	0,25	1,90



Tabelle: Messdaten des Vestibulum nasi bei Raumluftbedingungen in cm, bei n= 949 Patienten.

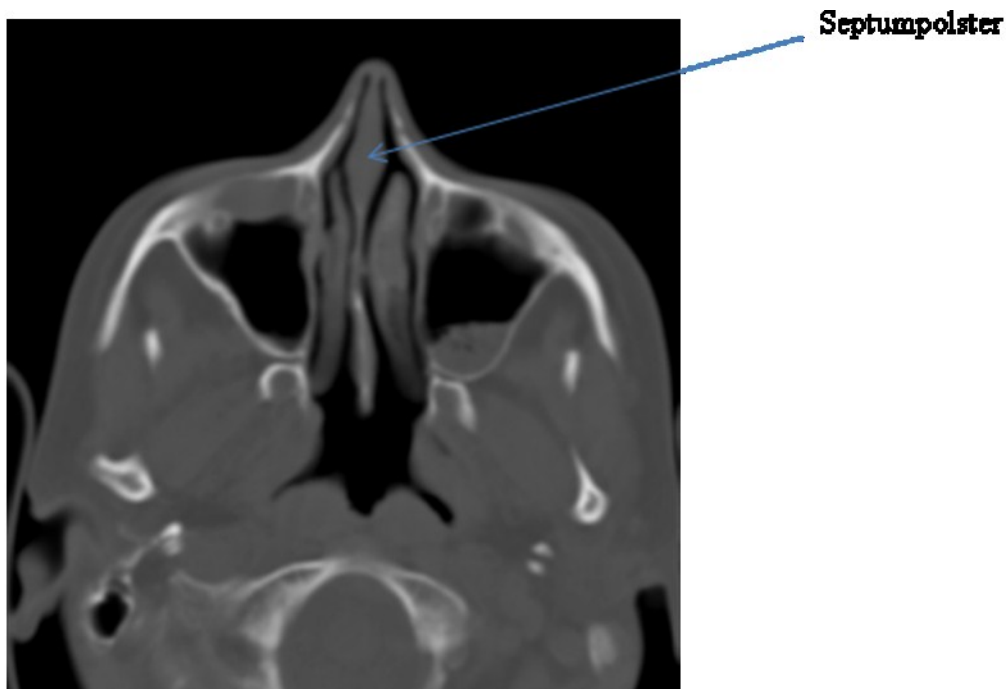


Abbildung 8: Originalabbildung des Septumpolsters aus den Bibliotheks- CT- Bilder. Radiologie Alfried-Krupp-Krankenhaus.

Cavum nasi:

Die Messdaten der Nasenhaupthöhle stellen sich wie folgt dar:

Der maximale ventrale Abstand Kieferwand-Muschel für rechts (a1) und links (a3) beträgt je 1,52 cm und 1,29 cm; der minimale Abstand jeweils 0,00 cm.

Der Median hat eine Größe von 0,21 cm und 0,20 cm; die Standardabweichung für beide Seiten je 0,17 cm.

Der Median des ventralen Abstands Muschel-Septum für rechts (b1) liegt bei 0,20 cm, der für links (b3) bei 0,17 cm; die Standardabweichung liegt jeweils bei 0,13 cm.

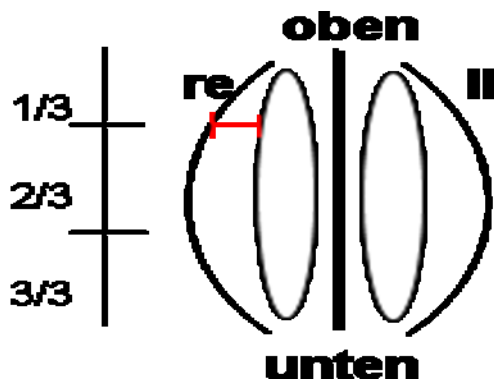
Das Maximum beträgt für rechts 0,80 cm, für links 0,00 cm; das Minimum beträgt für beide Seiten 0,00 cm.

Der dorsale Abstand Kieferwand-Muschel nimmt im Median für rechts (a2) sowie links (a4) 0,11 cm ein, im Minimum je 0,00 cm. Das Maximum ergibt für rechts als auch für links 1,40 cm; die Standardabweichung rechts 0,14 cm, links 0,15 cm.

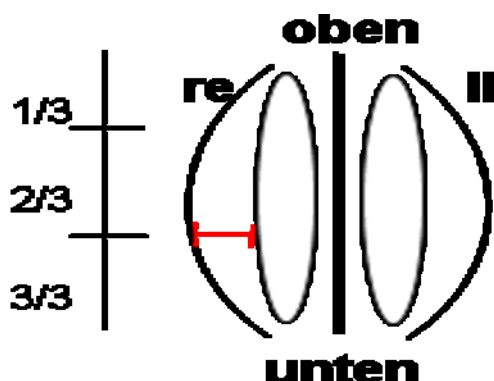
Der minimale dorsale Abstand Muschel-Septum liegt rechts (b2) und links (b4) bei 0,00 cm, der maximale rechts bei 1,09 cm sowie links bei 1,14 cm.

Der Median liegt rechts (b2) bei 0,23 cm, links (b4) bei 0,21 cm. Die Standardabweichung ergibt einen Wert für rechts 0,18 cm und links 0,19 cm.

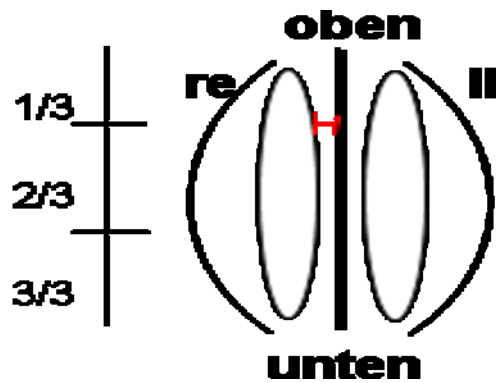
Messstrecke Cavum nasi rechts	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
a1 = Ventraler Abstand Kieferwand- Muschel	0,25	0,17	0,21	0,00	1,52



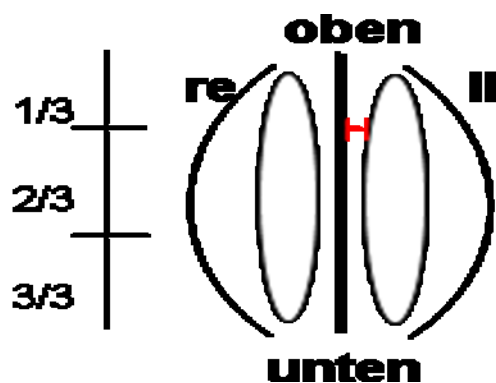
Messstrecke Cavum nasi rechts	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
a2 = Dorsaler Abstand- Kieferwand- Muschel	0,12	0,14	0,11	0,00	1,40



Messstrecke Cavum nasi rechts	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
b1 = Ventraler Abstand Muschel- Septum	0,23	0,13	0,20	0,00	0,80

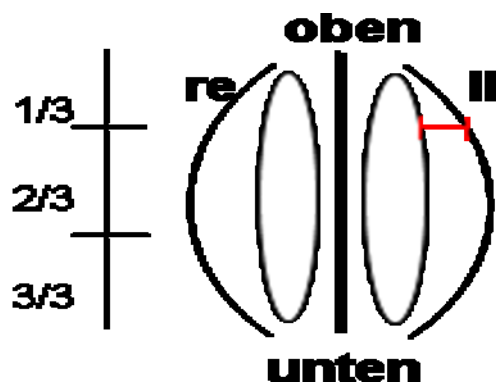


Messstrecke Cavum nasi rechts	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
b2 = Dorsaler Abstand Muschel - Septum	0,28	0,18	0,21	0,00	1,09

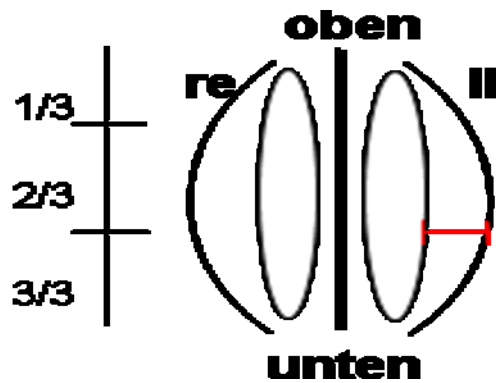


(Tabelle: Messdaten des Cavum nasi bei Raumluftbedingungen in cm, bei n= 949 Patienten.)

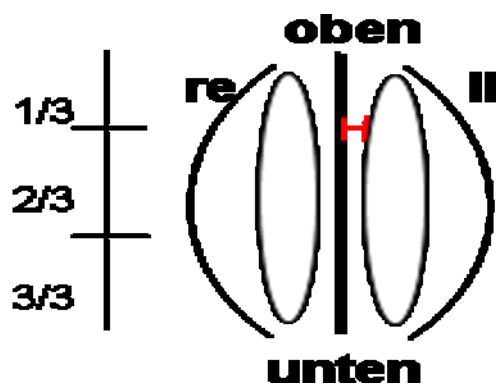
Messstrecke Cavum nasi links	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
a3 = Ventraler Abstand Kieferwand- Muschel	0,23	0,17	0,20	0,00	1,29



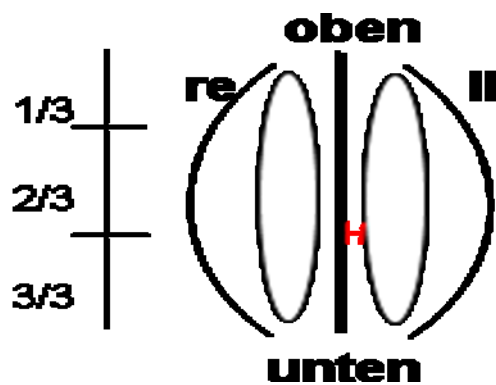
Messstrecke Cavum nasi links	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
a4 = Dorsaler Abstand Kieferwand- Muschel	0,12	0,15	0,11	0,00	1,40



Messstrecke Cavum nasi links	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
b3 =Ventraler Abstand Muschel - Septum	0,22	0,13	0,17	0,00	1,02

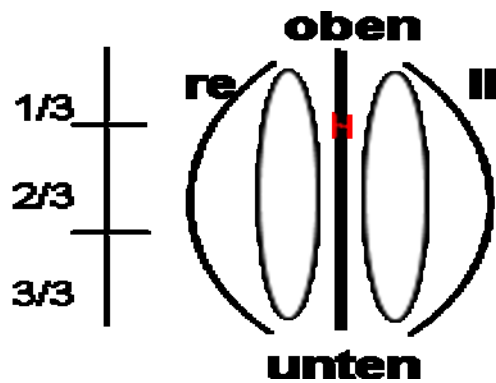


Messstrecke Cavum nasi links	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
b4 =Dorsaler Abstand Muschel - Septum	0,27	0,19	0,21	0,00	1,14

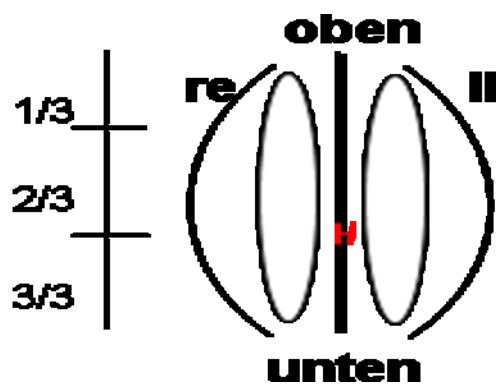


(Tabelle: Messdaten des Cavum nasi bei Raumluftbedingungen in cm, bei n= 949 Patienten.)

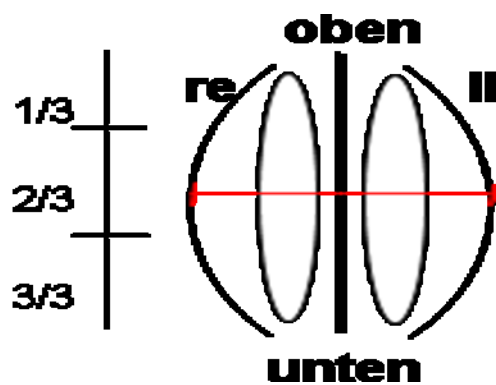
Messstrecke Cavum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
c1= Breite Septum ventral	0,36	0,14	0,35	0,00	1,20



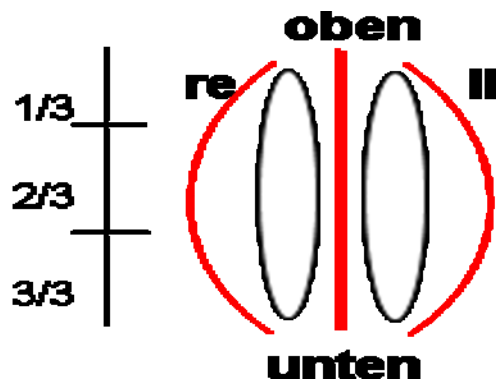
Messstrecke Cavum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
c2= Breite Septum dorsal	0,32	0,16	0,29	0,00	1,02



Messstrecke Cavum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
d= Gesamtbreite NHH	3,19	0,36	3,19	0,00	4,54



Messstrecke Cavum nasi	Mittelw.	Stabw.	Median	Min.	Max.
e= Fläche NHH	15,43	1,84	15,30	0,00	22,60



(Tabelle: Messdaten des Cavum nasi bei Raumluftbedingungen in cm, bei n= 949 Patienten.)

Rangkorrelationsmatrix:

Die zunächst angefertigte Rankkorrelationsmatrix zeigt lediglich in zwei Fällen eindeutig positive Korrelationen und zwar zwischen A (= Gesamtbreite Nasenvorhof) und E (= Breite Lumen rechts), sowie zwischen GesR (= Gesamtbreite Lumen rechts) und GesL (= Gesamtbreite Lumen links).

Schwach positive Korrelationen wurden zwischen A-B (= Breite Septum, dünnste Stelle); A- C (= Breite Septum, dickste Stelle); A- D (= Tiefe bis zur Maxilla, linke Nasenhälfte); A- F (= Breite Lumen links) und A- e (= Fläche Nasenhaupthöhle) aufgewiesen, zwischen B- C; D- E (= Breite Lumen rechts); D- F; D- e; E- F; F- e; GesR- e, sowie zwischen a1 (= ventraler Abstand Kieferwand- Muschel rechts)- a2 (= dorsaler Abstand Kieferwand-Muschel rechts); a1- b1 (= ventraler Abstand Muschel-Septum rechts); a1- b2 (= dorsaler Abstand Muschel-Septum rechts); a1- a3 (= ventraler Abstand Kieferwand-Muschel links); a2- a4 (= dorsaler Abstand Kieferwand-Muschel links); b1- b3 (= ventraler Abstand Muschel-Septum links); b1- b4 (= dorsaler Abstand Muschel-Septum links); b2- b4; GesL- e; a3- a4; a3- b3; a3- b4; a4- b3; b3- b4; c1 (= Dicke Septum ventral)- c2 (= Dicke Septum dorsal) und d (= Gesamtbreite Nasenhaupthöhle)

	A	B	C	D	E	F	G	GesR	a1	a2	b1	b2	GesL	a3	a4	b3	b4	c1	c2	d	e
A	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	√
B		√	√	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C			√	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D				√	√	√	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	√
E					√	√	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
F						√	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	√
G							√	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GesR								√	X	X	X	X	√	X	X	X	X	X	X	X	√
a1									√	√	√	√	X	√	X	X	X	X	X	X	X
a2										√	X	X	X	X	√	X	X	X	X	X	X
b1											√	√	X	X	X	√	√	X	X	X	X
b2												√	X	X	X	X	√	X	X	X	X
GesL													√	X	X	X	X	X	X	X	√
a3														√	√	√	√	X	X	X	X
a4															√	X	X	X	X	X	X
b3																√	√	X	X	X	X
b4																	√	X	X	X	X
c1																		√	√	X	X
c2																			√	X	X
d																				√	√
e																					√

√ = -positive Korrelation

X = negative Korrelation

Tabelle 1: Korrelationstabelle der durchschnittlichen Bibliotheksmesswerte (n= 949).

2.2 Histogramme und Punktwolken

Desweiteren wurden Histogramme für die jeweiligen Messparameter angefertigt, die größtenteils Normalverteilungen zeigten.

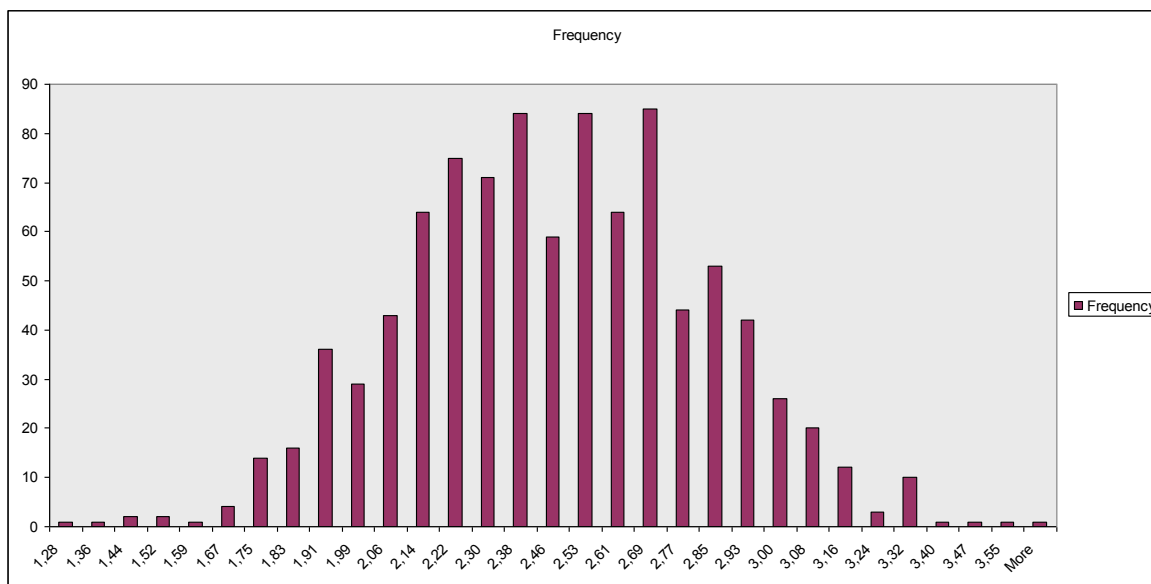


Abbildung 9: Histogramm für den Messpunkt A. Verwendet wurden die ermittelten Mediane für den Punkt A aller Bibliothekspatienten (n= 949).

Auch die für die einzelnen Messpunkte angelegten Punktwolken zeigen durchweg eine flächige Verteilung ohne nennenswerte Kumulationen an.

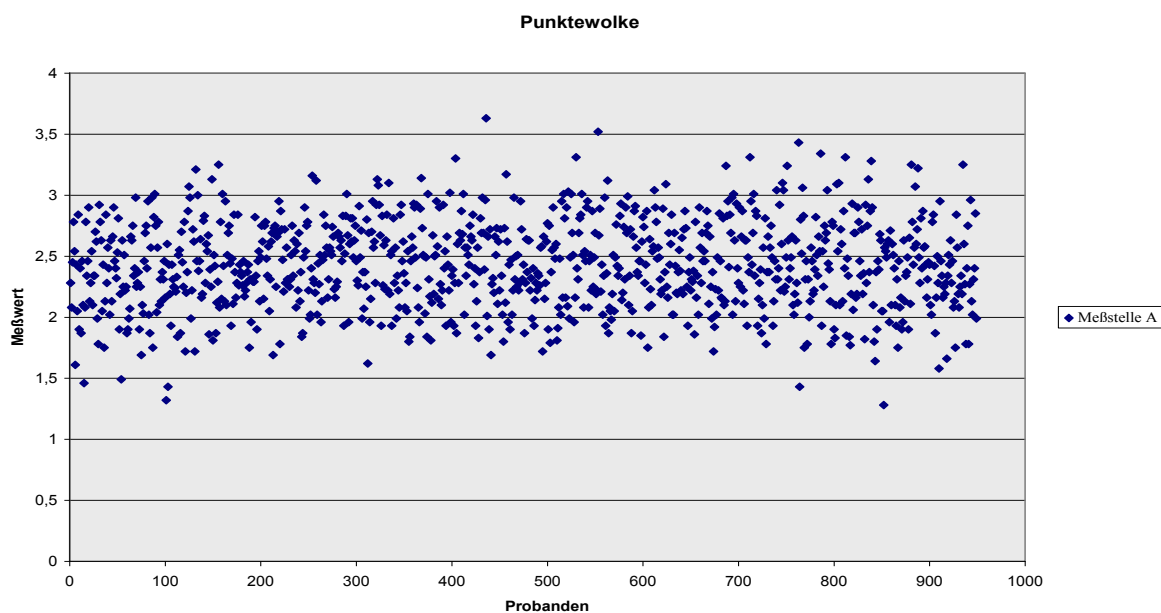


Abbildung 10: Punktwolke für den Messpunkt A. Patienten n= 949.

3. Diskussion Bibliothek

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln beschrieben, besteht die Bibliothek aus 949 retrospektiv vermessenen Patientennasen, die innerhalb der Routinediagnostik der HNO-Klinik des Alfred-Krupp-Krankenhauses einer CT-Untersuchung unterzogen wurden. Der Großteil der Aufnahmen wurde in axialen Schichten gefahren, da hier der Vorteil der Lagerung besteht. Hierbei können die Patienten normal auf dem Rücken liegen und müssen nicht, wie bei den coronaren Aufnahmen, auf dem Bauch mit überstrecktem Hals gelagert werden.

Obwohl der coronaren Schichtung allgemein der Vorzug gegeben wird, wurde nur ein kleiner Teil auf diese Weise aufgenommen. Grund dafür ist zum einen die erschwerte Lagerung, die vor allem ältere Leute sehr schlecht tolerieren, als auch die erhöhte Artefaktrate, welche durch metalledichte Zahnfüllungen entstehen können.

Insgesamt gilt jedoch als Standardverfahren bei endonasalen chirurgischen Eingriffen eine präoperative, meist coronare, computertomographische Darstellung.

Unseres Wissens nach ist dies die erste Studie über die Nasenmorphologie, gewonnen aus Computertomographie-Bildern, anhand einer derart großen Zahl ($n = 949$).

Die Bibliothek wurde angelegt, um Aussagen über die Mittelwerte, der die Nase auskleidende Schleimhäute, treffen zu können und ob anhand der ermittelten Werte Gruppen sichtbar werden, in die, die ausgemessenen Nasen eingeteilt werden können.

3.1 Statistische Verfahren zur Ermittlung von Gruppen

Um eventuell vorhandene Gruppen festzustellen wurden zunächst Punktwolken für die Messparameter erstellt. Diese zeigen jedoch eine fast homogene Verteilung über die komplette Bandbreite der Messwerte (siehe Beispiel Seite 58). Es sind keine Punktekumulationen sichtbar und somit auch keine „nativen“, das heißt, keine natürlich vorgegebenen Gruppen.

Daraufhin wurden Histogramme für die Parameter erstellt, die jedoch ebenfalls fast immer eine Normalverteilung aufweisen (siehe Beispiel Seite 58). Auch hier ist somit keine natürliche Gruppeneinteilung vorhanden.

Die Gruppeneinteilungen, wie zum Beispiel „groß/klein“ oder „weit/eng“ müssten entsprechend willkürlich vorgenommen werden.

Aufgrund dessen kann keine Aussage getroffen werden, ob eine bestimmte innere Nasenform eher zu Atmungsbehinderungen führt als andere. Eventuell wäre dies möglich, wenn man, wie zuvor gesagt willkürlich Typeneinteilung anhand von zuvor festgelegten statischen Strukturen vornehmen würde.

Neben den bereits erwähnten statistischen Verfahren (Punktwolke, Histogramm) zeigen die Mittelwerte, Standardabweichung, das Minimum und Maximum zusätzlich die enorme Variationsbreite der Nasenmorphologie.

Es liegt im Bereich des Möglichen, dass in dieser Arbeit Messpunkte gewählt wurden, die keinerlei natürliche Gruppeneinteilungen zulassen, obwohl bei der Nase formgebende knöcherne Strukturen berücksichtigt wurden.

Des Weiteren könnte die Untersuchungsebene innerhalb der CT- Schichten eine Rolle spielen. Vielleicht wären die Ergebnisse in einer anderen Schicht klarer ausgefallen?

Auch die auf Seite 57 aufgeführte Rangkorrelationstabelle zeigt lediglich Korrelationen dort, wo sie natürlicherweise bestehen müssen, das heißt: große Nasen beherbergen große Naseninnenteile, kleine Nasen kleine Naseninnenteile.

Darüber hinaus sind keine auffallenden Korrelationen zu ermitteln.

Weiterhin muss die Einschränkung berücksichtigt werden, dass es sich bei den 949 vermessenen Nasen um Nasen von Patienten handelt. Die Indikation zur Computertomographie setzt eine Erkrankung (zum Beispiel: Nasenatmungsbehinderung, Sinusitis etc.) voraus; daher ist mit einer Häufung von Schwellungszuständen im Vergleich zu Gesunden zu rechnen. Jedoch kann man davon ausgehen, dass dieser Fehler entsprechend durchgängig angetroffen wird, dadurch würde die Vergleichbarkeit der Nasenmorphologien untereinander nicht leiden.

Im Laufe der Zeit haben sich viele Wissenschaftler mit der Ausmessung der Nase und deren Proportionen beschäftigt. Die meisten Messungen der äußeren, der inneren sowie der knöchernen Nasenstrukturen, wurden vom Anatomen Lang und seinen Mitarbeitern durchgeführt.

Deren Studien zeigen Durchschnittswerte in Millimeter für verschiedene Parameter in Beziehung zum Alter und Geschlecht.

Lang und seine Mitarbeiter teilten die Außennase, nach der Würzburger- Untersuchung (1987)¹⁹, in sechs Typen ein:

Typ I: Grade

Typ II: Konvex

Typ III: Konkav

Typ IV: Oben konvex, unten gerade

Typ V: Konvex gewellt

Typ VI: Konkav gewellt

Diese Formtypen wurden später von Ziegelmayer nach Ihrer prozentual angetroffenen Häufigkeit der einzelnen Nasenprofile eingeteilt. Untersucht wurden 201 Kinder im Alter von drei bis vierzehn Jahren sowie 119 Studenten.

Für die in unserer Studie festgelegten inneren CT-Messpunkte wurde anhand von Punktwolken und Histogrammen keine natürliche Typeneinteilung gefunden. Unsere Daten wurden nahezu ausnahmslos an Erwachsenen erhoben. So konnten Unterschiede zwischen Kinder- und Erwachsenenalter nicht auffallen. Die Punktwolken zeigen daher durchweg eine homogene Verteilung ohne nennenswerte Kumulationen.

¹⁹ Vgl. Lange et al (1987) Thieme Verlag New York 113

B. Morphologieänderung des Naseninnenraums aufgrund klimatischer Einflüsse während der Respiration.

1. Probanden, Material und Methoden

In diesem Kapitel soll erläutert werden, wie das Probandenkollektiv zusammengestellt ist und welche Ein- bzw. Ausschlusskriterien der Studie zugrunde liegen. Des Weiteren werden die Geräte und Materialien vorgestellt, mit denen die unterschiedlichen Klimata erzeugt werden sowie die verschiedenen Messinstrumente. Weiterhin wird im nachfolgenden Kapitel der Ablauf des Versuches beschrieben sowie die statistischen Verfahren und die Lage der unterschiedlichen Messpunkte.

1.1 Probandenkollektiv

In der Studie wurden 21 freiwillige, gesunde Probanden eingeschlossen, die sich in acht Frauen und 13 Männer aufteilen lassen, mit einem Durchschnittsalter von 36,71 Jahren (Durchschnittsalter Frauen: 39,25 Jahre; Durchschnittsalter Männer: 35,15 Jahre). Zwei Probanden wurden ausgeschlossen: Eine Probandin konnte aufgrund eines plötzlich auftretenden klaustrophobischen Zustandes nicht im MRT vermessen werden und schied somit aus der Studie aus.

Ein weiterer Proband musste aus der Studie ausgeschlossen werden, da dieser im MRT einschief und somit die Anforderungen, die weiter unten näher erläutert werden, nicht erfüllen konnte.

Es verblieben somit 19 Probanden für die volle Distanz der Studie.

Der jüngste Proband ist 24 Jahre alt, der älteste 69 Jahre.

13 Versuchsteilnehmer sind Nichtraucher, die restlichen sieben sind Raucher, wobei eine Probandin erst seit ca. vier Monaten abstinent ist.

Insgesamt wurden bei drei Probanden eine zum Zeitpunkt der Messung nicht akut bestehende Allergie eruiert: zwei leiden unter Heuschnupfen- (zum Zeitpunkt der Messung außerhalb der Saison) und einer unter einer Katzenhaarallergie (zum Zeitpunkt der Messung außerhalb der Exposition).

Alle Probanden wurden über den vollen Versuchsablauf aufgeklärt und stimmten diesem mit einer Unterschrift der Einverständniserklärung zu.

Die Studie verläuft im Einklang mit der Helsinki/Hongkong Deklaration und wurde von der lokalen Ethikkommission geprüft und am 28.02.2006 zugelassen unter der Nummer 05-2852.

1.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien für die Studie

Bei den 21 Probanden wurden anamnestisch keine operativen Eingriffe sowie nasalen Traumen erhoben. Eine ausführliche Darstellung der Ein- und Ausschlusskriterien erfolgt im Anhang (siehe Seite 129).

1.1.2 Fragebogen

Zur Anamneseerhebung und Datengewinnung wurde ein Fragebogen erstellt. Dieser enthält Fragen nach Alter, Geschlecht, Voroperationen an der Nase bzw. an den Nasennebenhöhlen sowie nach regelmäßig einzunehmenden Medikamenten (vor allem nach vasoaktiven Substanzen).

Weiterhin wird nach weiteren Beeinflussungen der Nasenatmung gefragt, zum Beispiel durch: Polyposis nasi; Allergien, vor allem Gräser- und Pollenallergien; akute Entzündungen etc..

Der vollständige Bogen ist ebenfalls im Anhang abgebildet (siehe Seite 130).

1.2 Material und Methoden

1.2.1 Aufbau

Zur Erzeugung der vier unterschiedlichen Klima-Qualitäten wurde ein eigenes „Klimagerät“ für diese Studie erdacht und konstruiert.

Dieses „Gerät“ besteht aus vier transportablen Polyethylenbehältern mit einer äußeren Isolierung, um die zuvor erzeugten Temperaturen über den Zeitraum der Bildgebungssequenz konstant zu halten.

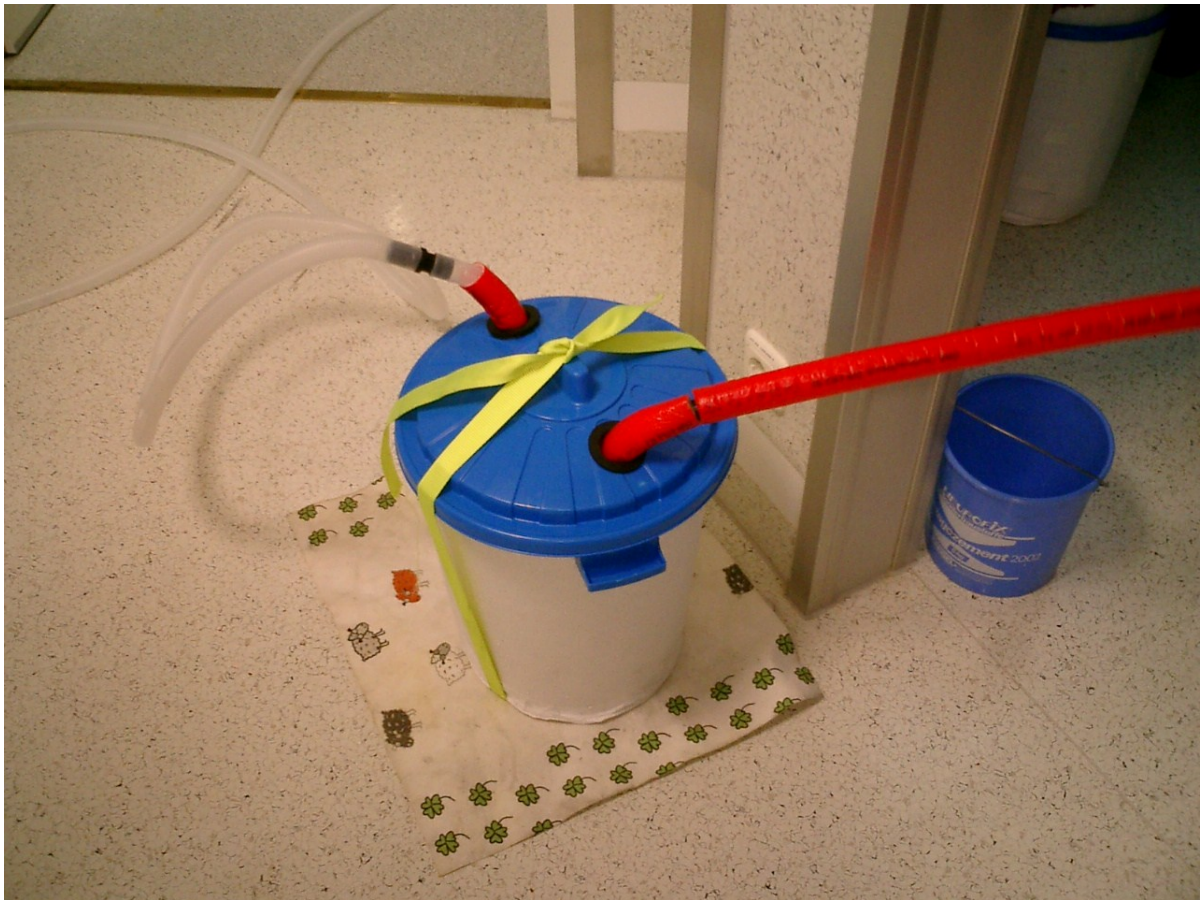


Abbildung 11: Darstellung des selber erdachten und konstruierten "Klimagerätes".

Diese Behälter beinhalten je nach Qualität entweder 60 °C heißes oder 0 °C kaltes Leitungswasser sowie ein am Deckel befestigtes Schlauchsystem, mit dessen Hilfe das erzeugte Luftklima im Behälter bis zum Probanden weitergeleitet wird.

Um eine drohende Reduktion bzw. Abschwächung der kritischen Parameter über die Distanz von Wasserbehälter zur Nasenmaske des Probanden im MRT so gering wie möglich zu halten wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

Zum einen wurde der Beatmungsschlauch (der vom Behälter zum Probanden führt) mittels einer Polyethylenweichschaumummantelung isoliert.

Zum anderen wurde die Distanz, von dem wassergefüllten Polyethylenbehälter zur Nasenmaske des Probanden, möglichst kurz gewählt (ca. 50 cm). Dies ergab jedoch die Schwierigkeit, dass das „Klimagerät“ auf der Kopfseite des MRT aufgebaut werden musste und somit ohne ferromagnetische Materialien gestaltet werden musste.

Ein weiterer wichtiger Faktor zum Temperaturerhalt spielt die Durchströmungsgeschwindigkeit der Luft durch das jeweilige Schlauchsystem. Um den nötigen Flow zu

erreichen, wurde das Schlauchsystem an einen Druckluftanschluss angeschlossen. Die daraus entnommene Luft wurde über einen Filter geleitet und somit gereinigt. Auf diese Weise konnte ein Flow von 0,5- 0,6 bar aufgebaut werden; je nach Proband ohne unangenehm zu sein.

Um heiße Temperaturen zu erreichen, wurde Wasser mittels Wasserkocher aufgeheizt und durch einen Heizstab auf Temperatur gehalten.

Für die kalten Temperaturen wurde ein Wasser-Eiswürfel-Gemisch hergestellt. Reichte dieses Gemisch nicht aus, um das Wasser bzw. die Luft auf 0 Grad Celsius abzukühlen, wurde noch normales Speisesalz hinzugefügt. Hiermit wurden immer Temperaturen um die 0 Grad Celsius erreicht.

Die Regulierung der Luftfeuchtigkeit, der dem Probanden über die Nasenmaske zugeführten Luft, erfolgte wie folgt:

In jedem Polyethylenbehälter wurde ein spiralförmiges Schlauchsysteme installiert, das je nach Anforderung unterschiedlich bearbeitet wurde:

Zur Erzeugung feuchter Luft wurde das innenliegende Schlauchsystem an den Außenwänden perforiert, so dass der Schlauch multiple feine Öffnungen aufweist. Ein Ende dieses Systems endet blind im Wasser. Der andere Schenkel führte von außen angeschlossene „Druckluft“ über einen Filter in das Innere des Behälters.

Wird nun Luft mit ca. 0,5- 0,6 bar durch den Schlauch geleitet, kann diese durch die Öffnungen in das temperierte Wasser austreten und erzeugt so Blasen als auch Verwirbelungen, wodurch feinsten wasserhaltiger Nebel entsteht, der wiederum am Deckel des geschlossenen Behälters durch den dort angebrachten Schlauch abgegriffen wird und zum Probanden geleitet wird.

Zur Herstellung von trockener Luft, wird ein geschlossenes Schlauchsystem spiralen förmig im Wasserbehälter befestigt ohne Perforationen, so dass dort die vorbeiströmende Luft lediglich abgekühlt oder erwärmt wird, aber keine Flüssigkeit aufnimmt und somit nur die trockene „Druckluft“ zum Probanden gelangt.

Zwischen den Messungen kalt/trocken und warm/feucht wurde der Beatmungsschlauch, welcher zwischen dem Wasserbehälter und dem Probanden im MRT verlegt wurde, ausgetauscht. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass der durch die hohe Luftfeuchtigkeit durchnässte Schlauch bei der Temperatureinstellung warm/feucht, Einfluss auf die relative Luftfeuchtigkeit der Messung kalt/trocken nimmt, da hier nur lediglich eine relative Luftfeuchtigkeit von 7,5- 8% erreicht werden soll.

Vor der jeweiligen Messsequenz wurde die Temperatur des Wassers bzw. des

Wassergemisches durch ein Stabthermometer kontrolliert und gegebenenfalls nachtemperiert. Dies erfolgte ausschließlich im MRT Vorraum und nicht während der MRT- Aufnahme. Ebenfalls wurde die Temperatur und Luftfeuchtigkeit, der an der Nasenmaske austretenden Luft, mittels eines Thermohydrometers (Testo 625) gemessen und notiert, bevor sie dem Probanden zugeführt wurde.

1.2.2 Klimaerzeugung und Versuchsablauf

Die Untersuchungen und Messungen der Studie fanden ausnahmslos im Sommer unter gleichen jahreszeitlichen Bedingungen statt.

Innerhalb dieser Studie wurden zwei verschiedene Abläufe durchgeführt. Ablauf 1 wurde mit vier Probanden durchgeführt; diese wurden allen Qualitäten: kalt/trocken, kalt/feucht, warm/trocken, warm/feucht, ausgesetzt, um im späteren Ablauf 2, den restlichen 16 Personen nur noch diejenigen Qualitäten auszusetzen, die die stärkste Reaktion der Nasenmukosa hervorrufen (kalt/trocken; warm/feucht).

Ablauf 1

Zuerst erfolgt die Aufklärung über den Versuchsablauf als auch über die Bewandtnis der Messungen. Danach bekommt jeder Proband den oben bereits erwähnten Fragebogen. Nach der Bearbeitung des Fragebogens wird noch eine Anamnese bezüglich Ein- und Ausschlusskriterien erhoben. Dies geschieht bei Raumtemperaturbedingungen im MRT-Vorraum bei offener Verbindungstür zum MRT-Gerät.

Verwendet wird das MRT- Gerät Magnetom Sonata 1,5 Maestro Class, der Firma Siemens mit dem Programm Syngo. Es werden Schichtdicken von 3mm mit einem Vorschub von 4,5 cm angefertigt.

Gleichzeitig erfolgt die Messung der Raumtemperatur als auch der relativen Luftfeuchtigkeit (rLF%) mittels eines Termohydrometers Testo 625.

Nach der Befragung des Probanden wird eine Rhinoskopie der beiden Nasenhöhlen zum Ausschluss entzündlicher Veränderungen oder ähnlichem durchgeführt. Hierfür wird ein starres Endoskop Kaltlicht-Fontäne 486 der Firma Storz benutzt, welches jedoch nur bis maximal in den vorderen Nasenvorhof eingeführt wird, ohne Berührung der Mucosa, um mögliche Schleimhautirritationen zu vermeiden. Des Weiteren wird auf ein oberflächliches Lokalanästhetika verzichtet, um ebenfalls keine Verfälschung der Reaktion der Nasenmukosa

hervorzurufen.

Nun wird der Proband auf die MRT-Untersuchungsliege gelegt und die MRT-Kopfspule positioniert. Es erfolgt die Messung bei Raumluft und -feuchtigkeit. Wichtig ist, dass die Probanden durch die Nase ein und den Mund ausatmen, damit es vor allem später bei den unterschiedlichen Klimata zu keiner Vermischung durch die Ausatemluft und der erzeugten Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten kommt. Die Probanden wurden vorher daraufhin instruiert.

Nach Beendigung der Messung wird der Patient auf eine fahrbare Liege umgelagert; er sollte nicht selbständig das MRT verlassen, um mögliche Veränderungen der Nasenschleimhäute durch orthostatische Reaktionen zu vermeiden.

Unmittelbar nach dieser Messung, ca. eine Minute später, wird die Nasenweite im ventralen Anteil der Nase beidseits, getrennt voneinander, endoskopisch (gleicher Untersuchungsablauf wie oben) bestimmt (siehe bildliche Skala zur Erhebung der Schwellungszustände der Nasenmuscheln S. 150).

Darauf folgt die rhinomanometrische Messung des Nasenwiderstandes mittels des Gerätes Flowscreen Pro von Jaeger. Insgesamt werden pro Seite drei Messungen durchgeführt und davon der Mittelwert bestimmt.

Nun werden die Probanden noch nach Ihrem subjektiven Empfinden betreffend der Nasenatmung befragt und zwar Seiten getrennt, mittels einer Skala von eins bis zehn, wobei eins für eine freie Nasenatmung und zehn für eine stark eingeschränkte bis kaum mögliche Nasenatmung steht.

Es folgt die Zurückbringung mit der fahrbaren Liege auf den MRT- Tisch sowie die erneute Positionierung der Kopfspule. Zuvor wird dem Probanden die Nasenmaske Flexi Fit Series HC 407 Fisher& Paykel von Healthcare, aufgesetzt, worüber kalt/trockene Luft zugeführt wird. Nach einer Eingewöhnungszeit von fünf Minuten an das neue Klima, erfolgt die erneute Bildgebung durch das MRT.

Bei allen Klimata wird eine Eingewöhnungszeit von fünf Minuten eingehalten; zum Einen, damit sich der Proband an das angebotene Klima gewöhnen kann, zum Anderen, vor allem bei den feuchten Klimata, damit sich der Beatmungsschlauch mit der Feuchtigkeit sättigen kann und bei den warmen, er sich aufwärmen kann. Somit vermeidet man große Schwankungen innerhalb der Messungen.

Danach wieder Umlagerung des Probanden und wie zuvor die Messung mittels der unterschiedlichen Messmethoden im MRT-Vorraum.

Die gleiche Vorgehensweise gilt auch bei den anderen Klimata: kalt/feucht, warm/trocken

sowie warm/feucht.

Nach der Applikation von kalt/feuchter Luft wird jedoch der Atemschlauch gewechselt, um die darauffolgende warm/trockene Luft nicht mit der, dem Schlauch noch anhaftende Feuchtigkeit, zu verfälschen.

Ablauf 2

Dieser gestaltet sich ähnlich wie Ablauf 1, nur dass hierbei allein die Qualitäten Raumluft, kalt/trocken und warm/feucht dem Probanden appliziert werden.

Dies bedeutet:

Wiederum Aufklärung und Einholen des Einverständnisses des Probanden.

Klimatisierung bei Raumtemperaturbedingungen im MRT-Vorraum (= MRT-Raum bei offener Verbindungstür), gleichzeitig kann der Fragebogen ausgefüllt sowie die Anamnese bezüglich der Ein- und Ausschlusskriterien erhoben werden.

Weiterhin erfolgt die Messung der Raumtemperatur in Grad Celsius °C und der Raumfeuchtigkeit in Prozent %, sowie die Endoskopie der Nasenhöhle der Probanden zum Ausschluss u.a. von entzündlichen Veränderungen.

Zuerst erfolgt wieder die Messung bei Raumtemperatur im MRT bei Nasen- Ein- und Mund- Ausatmung; zuvor wird der Proband auf die MRT-Liege umgelagert und die Kopfspule positioniert.

Hiernach erfolgt die erneute Umlagerung des Probanden auf eine fahrbare Liege, womit er wiederum in den MRT-Vorraum gebracht wird um dort unmittelbar (~nach einer Minute) vermessen zu werden:

- Endoskopische Bestimmung der Nasenweite im ventralen Anteil beidseits (siehe bildliche Skala zur Erhebung der Schwellungszustände der Nasenmuscheln S. 150);
- Rhinomanometrie, jeweils drei Messungen auf jeder Seite. Daraus wird der Mittelwert errechnet;
- Subjektives Empfinden der Nasenatmung seitengetreunt mittels einer Skala von eins bis zehn, wobei eins für eine freie Nasenatmung und zehn für eine stark behinderte bis kaum mögliche Nasenatmung steht.

Danach wird der Proband mittels der fahrbaren Liege zurück auf den MRT-Tisch gebracht. Dort erfolgen das Aufsetzen der Nasenmaske und die erneute Positionierung der Kopfspule. Nun gewährt man eine Eingewöhnungszeit von fünf Minuten an die kalt/trockene Atemluft

über die Nasenmaske.

Nach Ablauf der Eingewöhnungszeit erneute MRT-Bildgebung, dann wiederum Umlagerung des Probanden und sofortige Endoskopie, Rhinomanometrie sowie subjektives Empfinden im MRT-Vorraum.

Gleiches Vorgehen wie oben, nur mit Applikation von warm/feuchter Luft.

1.2.3 Messpunkte im MRT- Bildes des Nasencavums der 20 Probanden

Gemessen werden zum einen unterschiedliche Punkte innerhalb der Nasenhaupthöhle als auch mittels unterschiedlicher Messmethoden.

Um bei den unterschiedlichen Klimata bei den Probanden eine einheitliche Messschicht einzuhalten und somit die Referenzbereiche/-werte bei allen Qualitäten innerhalb eines Probanden gleichzuhalten, einigt man sich auf die mittleren Coronarschnitte, dass heißt, man beginnt mit der Schicht auf der alle vier Muscheln, sowohl die beiden unteren, als auch die beiden mittleren, zu sehen sind und fährt solange weiter kranial bis zur letzten Schicht, in der die vier Muscheln gerade noch abgebildet sind. Aus der so erhaltenen Anzahl an Schichten wird die mittlere Schicht ausgewählt und vermessen.

Für die Vermessung wird das Zentimetermaß im MRT Image benutzt.

Innerhalb der auf diese Weise ermittelten Schicht wird das Lot von der Mittellinie des Frontalhirns zum tiefsten Punkt der Nasenhöhle gefällt. Danach werden waagerechte Unterteilungen am breitesten Punkt der unteren Muschel und am breitesten Punkt der mittleren Muschel vorgenommen. Diese Unterteilungen nimmt man vor, um die Messungen innerhalb eines Probanden auf gleichen Ebenen/Höhen durchzuführen zu können. Auf die gleiche Weise verfährt man auf der Gegenseite.

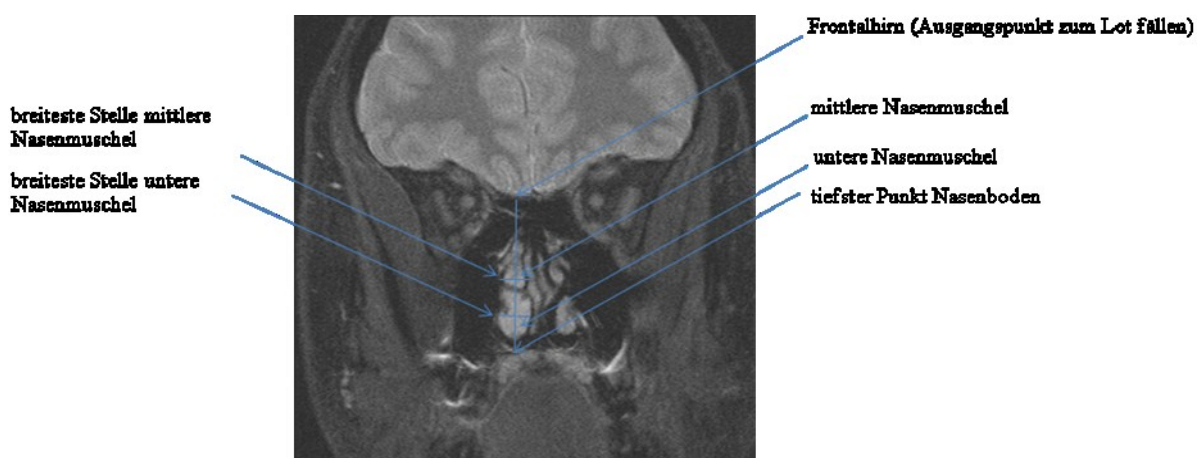


Abbildung 12: Original MRT-Aufnahme aus dem Probandenpool Dynamik.

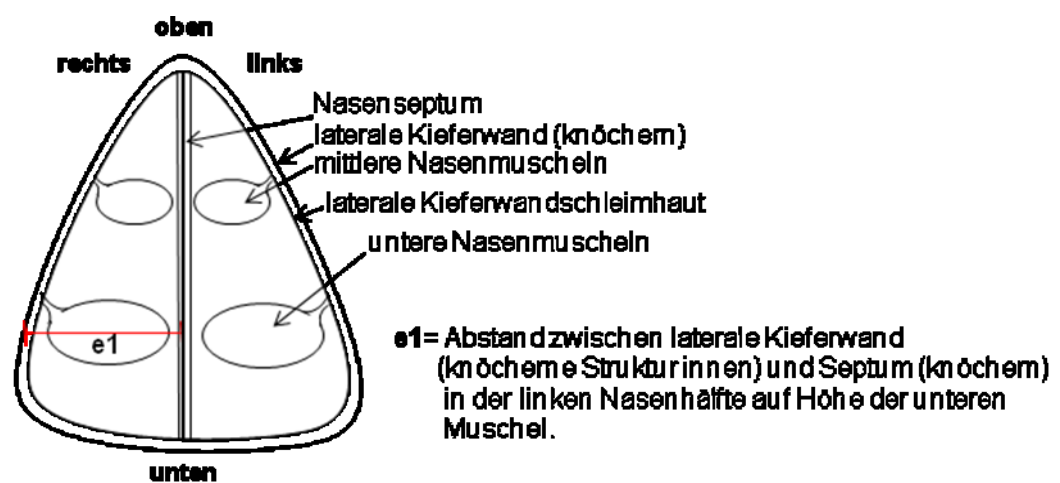
Quelle: Radiologie Alfried-Krupp-Krankenhaus Essen.

Insgesamt werden 21 Punkte vermessen. Zum einen wird eine Unterteilung in untere und mittlere Muschel, als auch eine Seitentrennung in rechts und links vorgenommen.

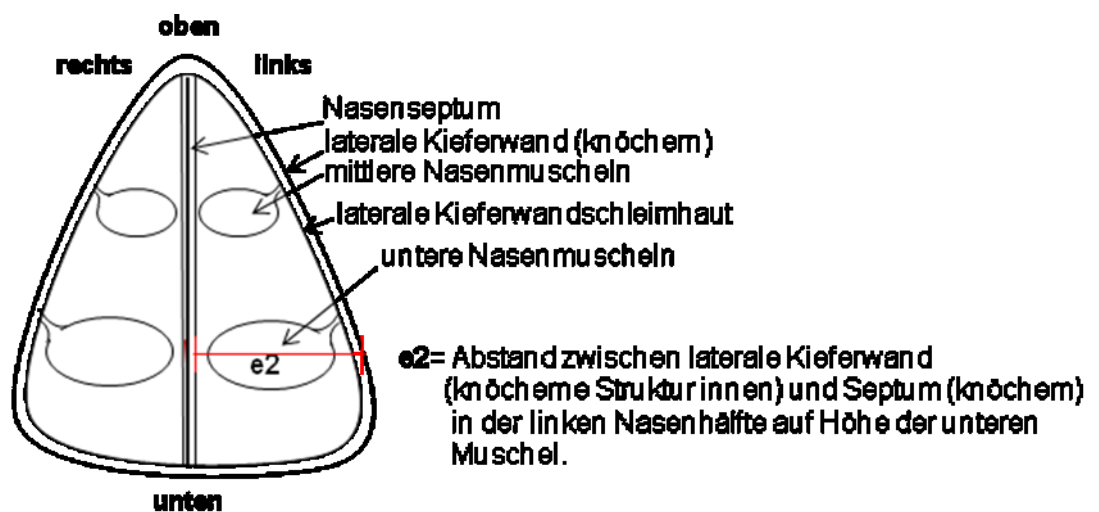
Weiterhin lassen sich grob die Messpunkte in statische und dynamische Punkte unterteilen.

Zu den statischen gehören diejenigen Punkte, die knöcherne Begrenzungen beinhalten. Zu nennen sind hier:

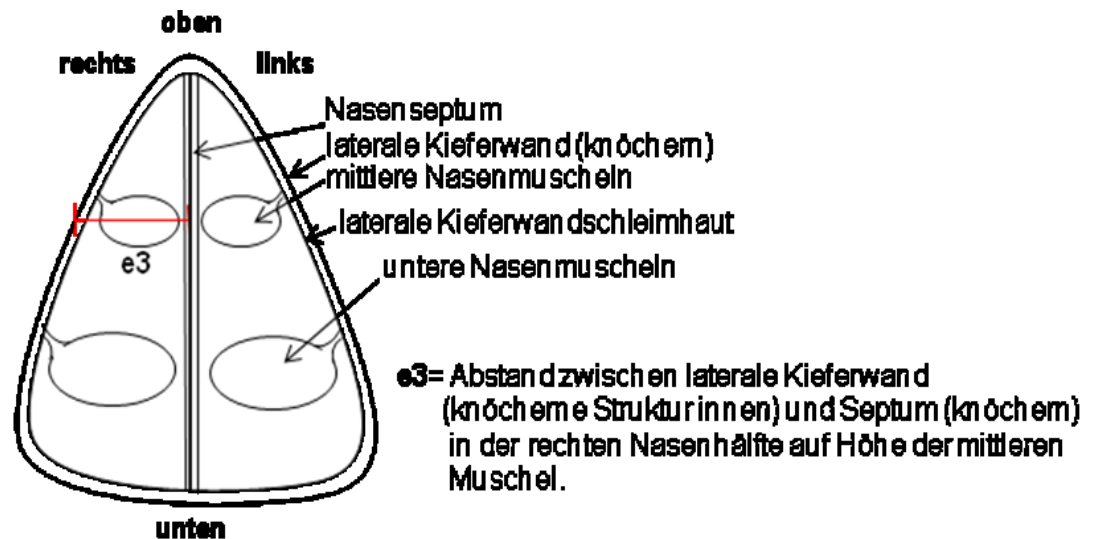
e1-e4 = Abstand laterale Kieferwand-Septum: hier bestehen die Grenzen aus dem inneren Kieferwandknochen und dem knöchernen Septum.



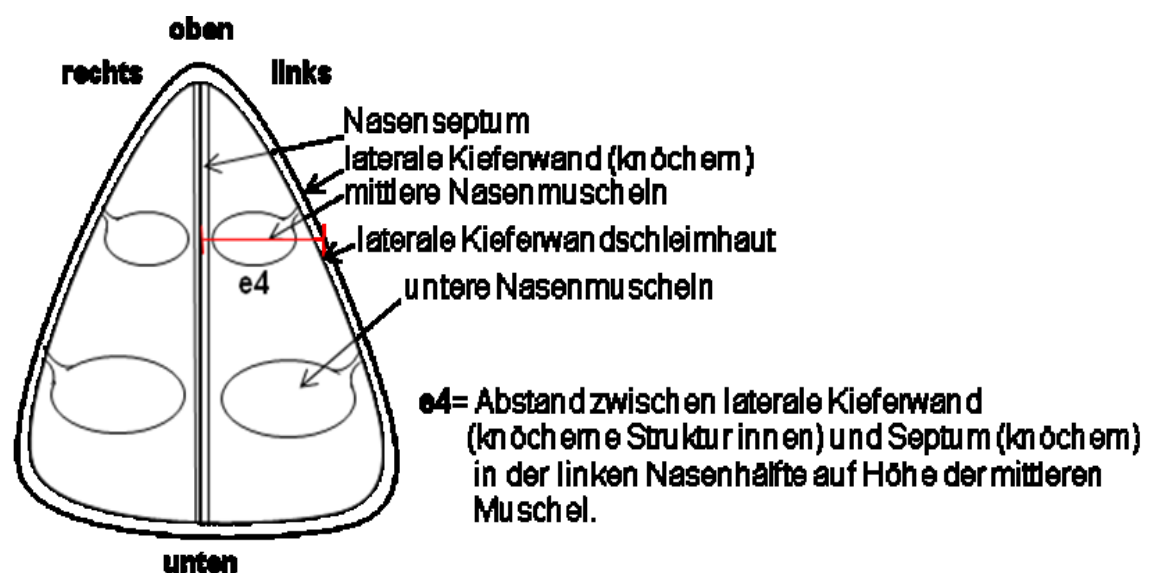
Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke **e1**.



Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke **e2**.

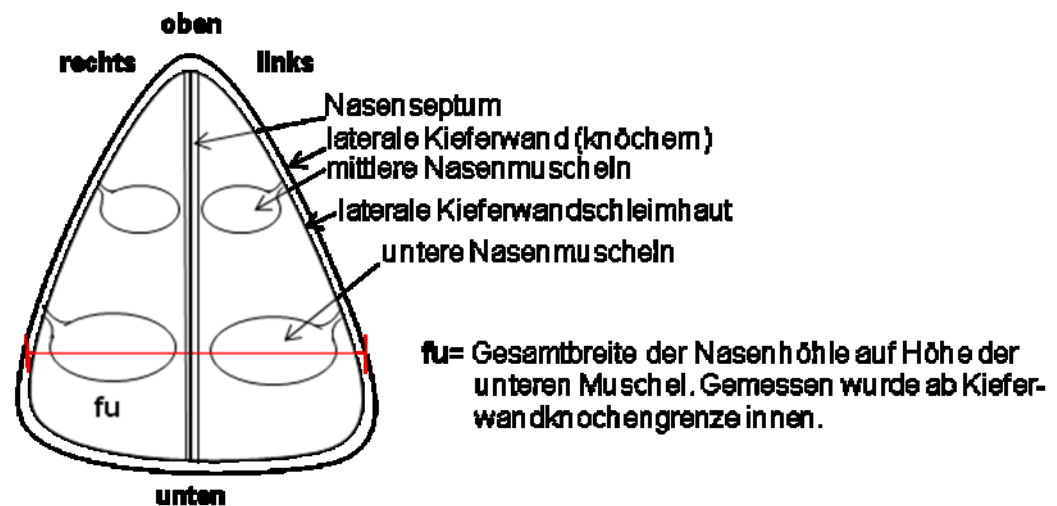


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke **e3**.

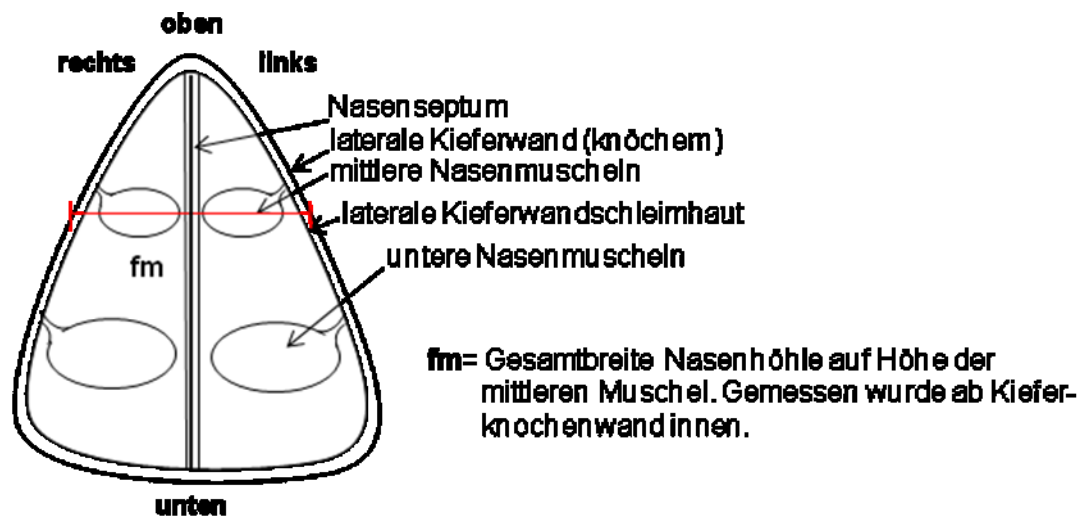


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke **e4**.

Weitere Messpunkte sind f_u und f_m = Gesamtbreite untere und mittlere Nasenhöhle. Gemessen wird hier ab den inneren Kieferwandknochengrenzen.

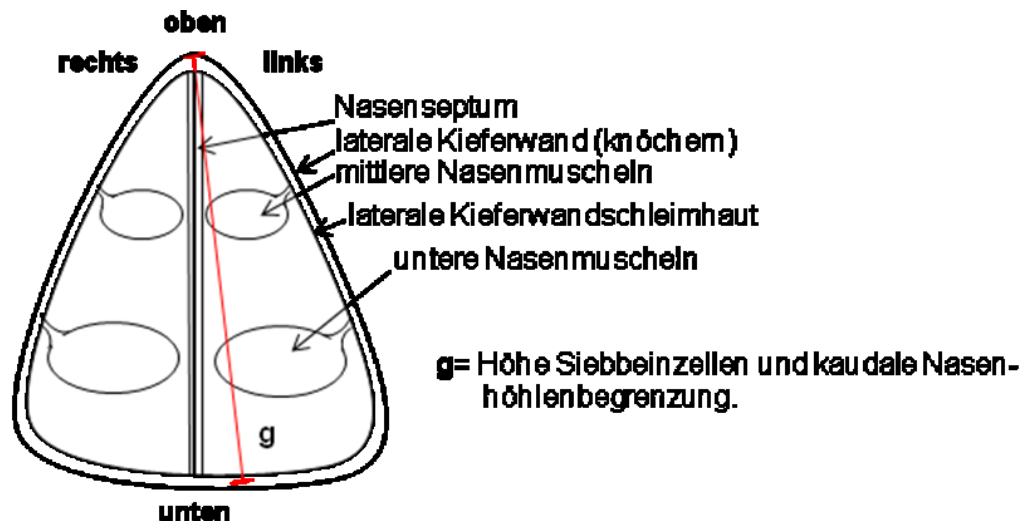


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke f_u .



Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke f_m .

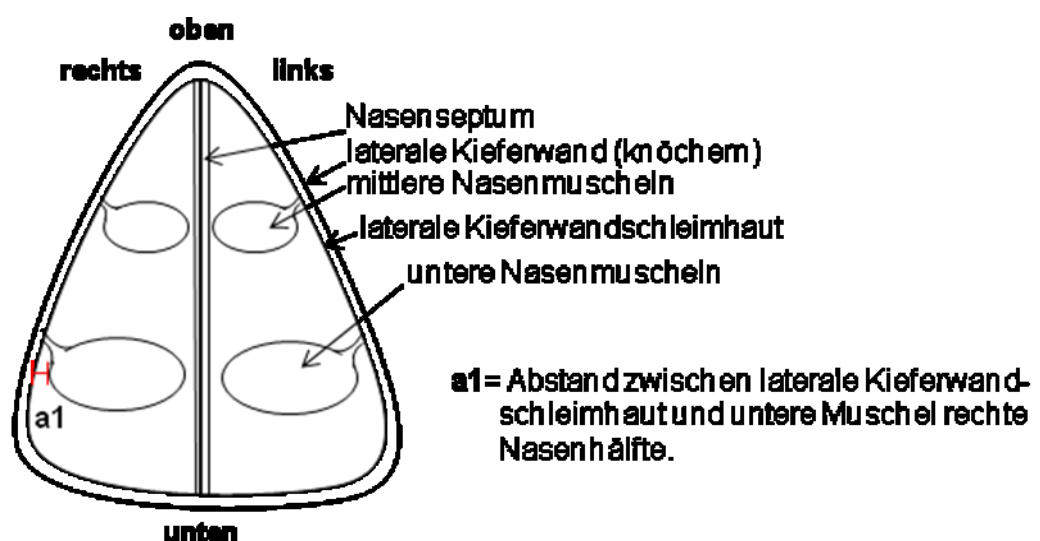
Zuletzt noch g = Höhe Frontalhirn – kaudale Nasenhöhlenbegrenzung.



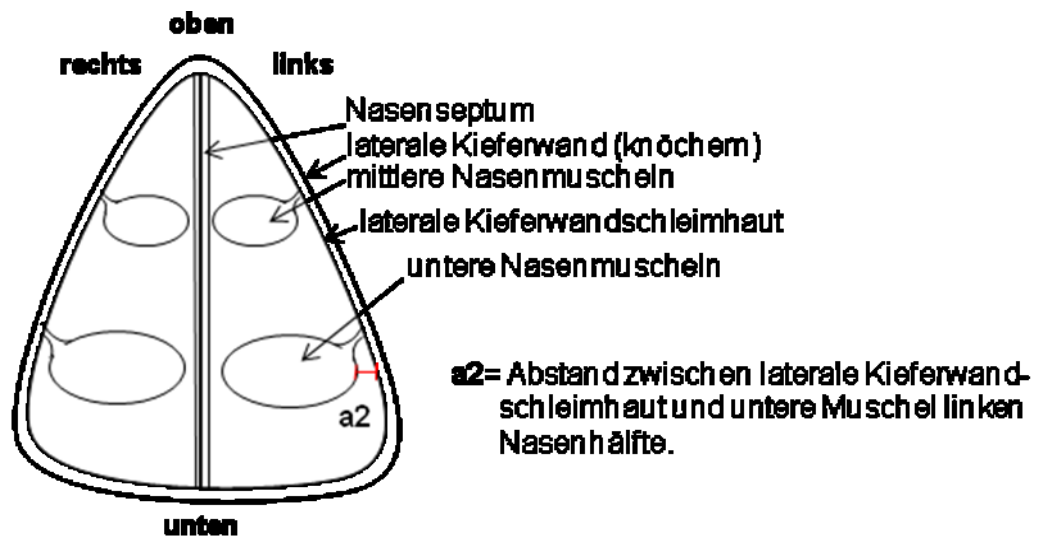
Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke g .

In die dynamische Kategorie fallen alle Messpunkte die Schleimhautgrenzen umfassen:

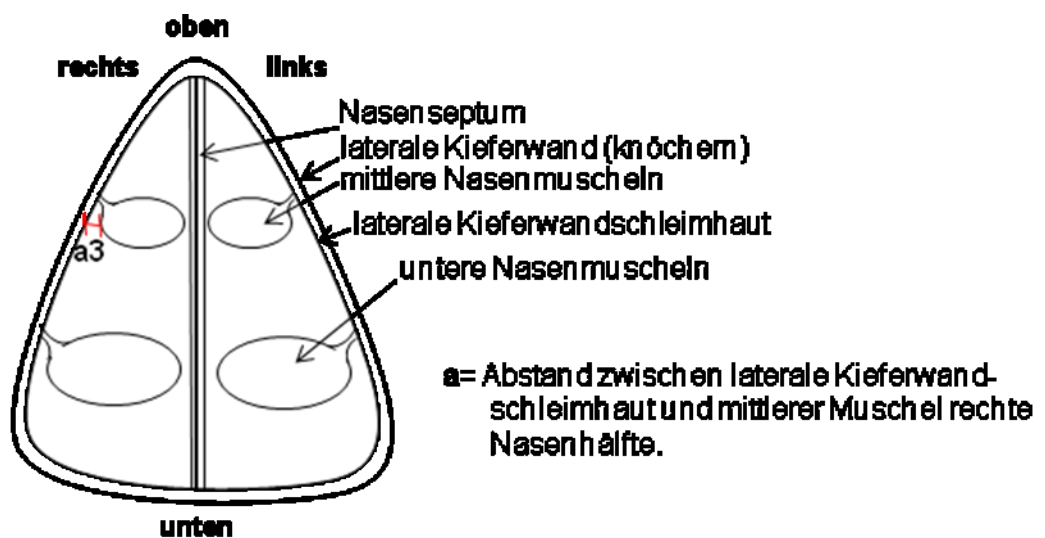
$a1$ bis $a4$ = Abstand Kieferwandschleimhaut – Muschel : untere und mittlere Nasenhöhle getrennt nach linker und rechter



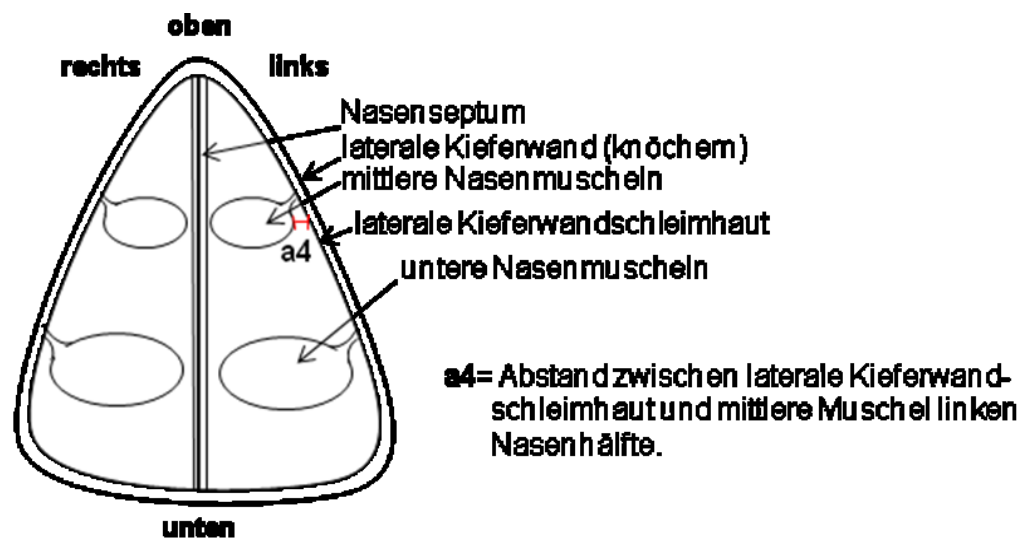
Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke $a1$.



Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke a_2 .

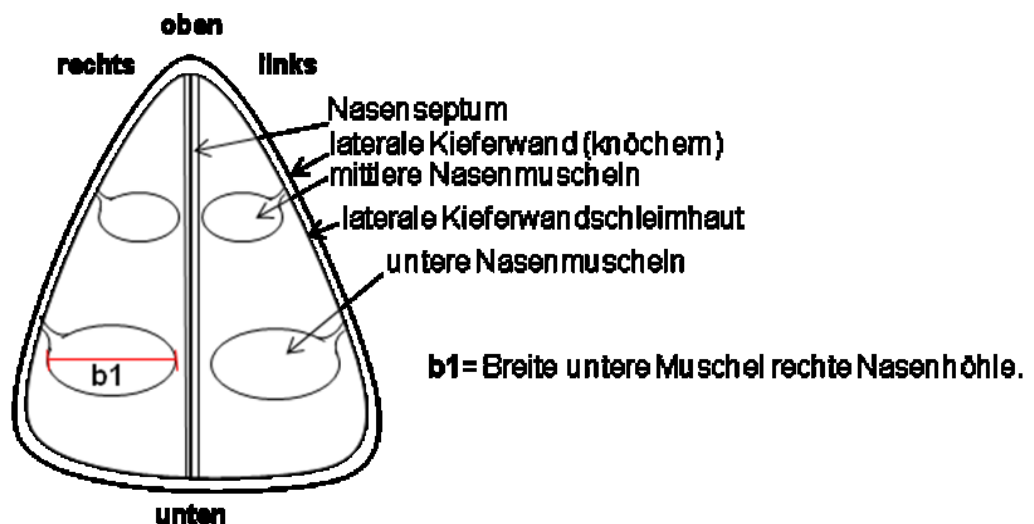


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke a_3 .

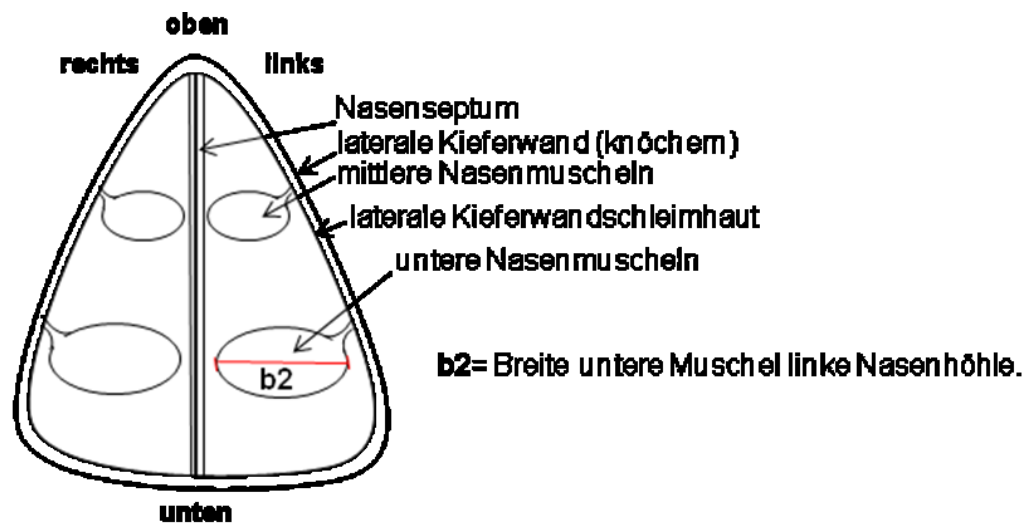


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke a_4 .

b1 bis b4 = Breite Muschel: untere und mittlere Nasenhöhle getrennt nach linker und rechter.



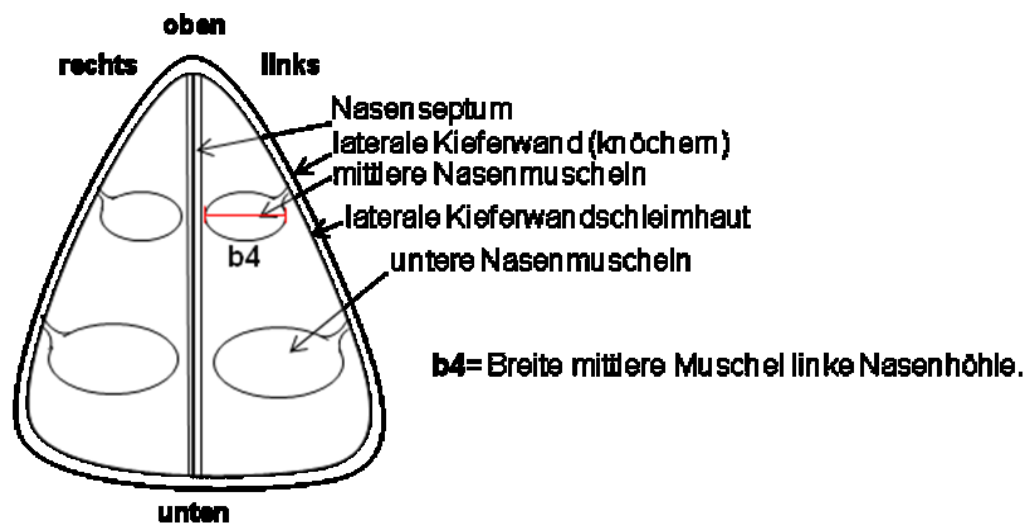
Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke b_1 .



Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke b_2 .

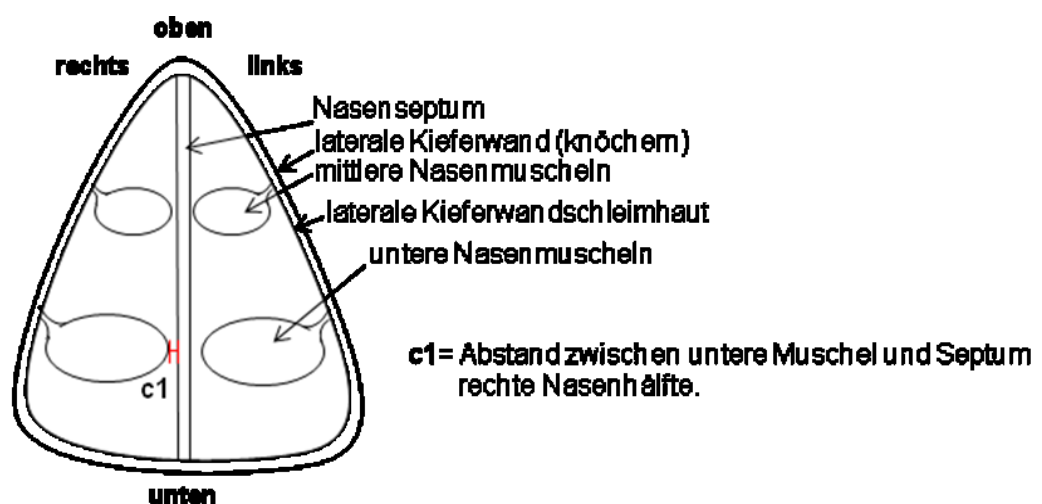


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke b_3 .

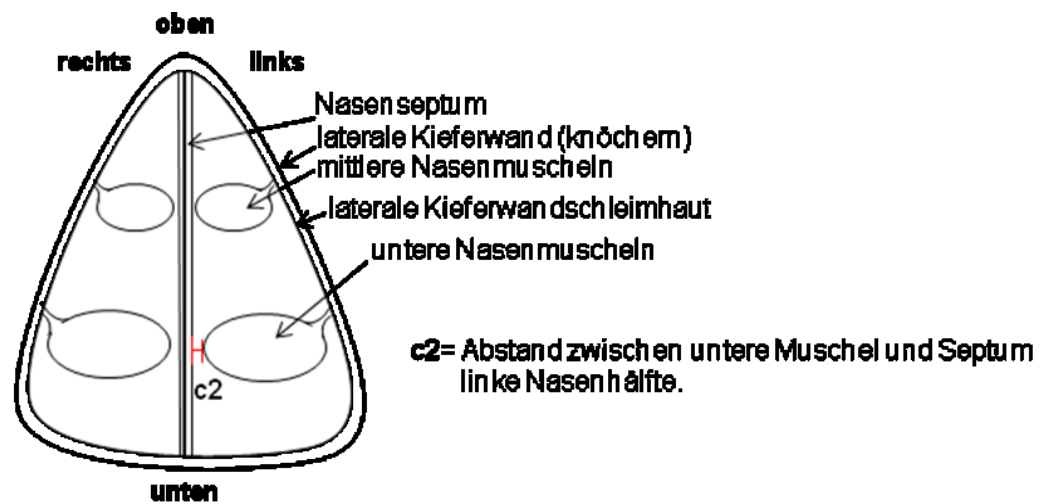


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke **b4**.

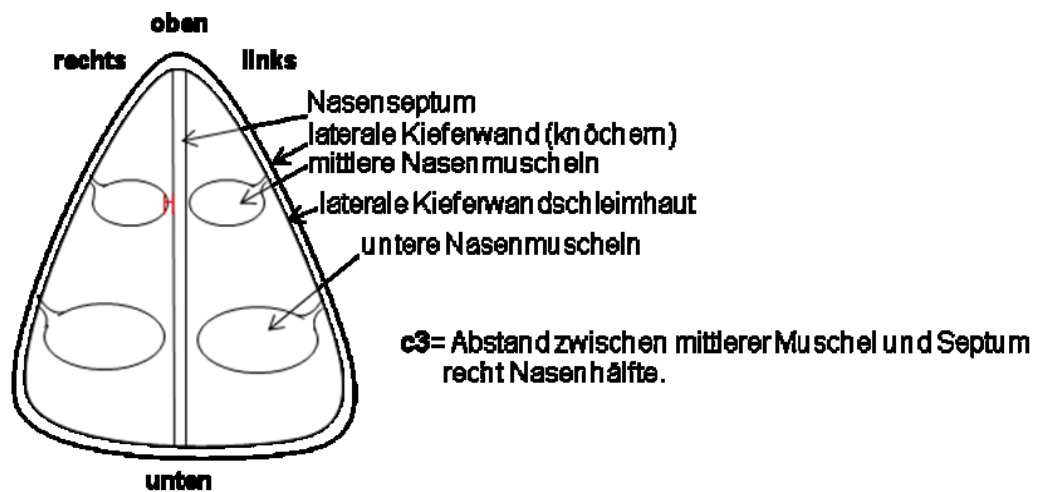
c1 bis c4 = Abstand Muschel – Septum: untere und mittlere Nasenhöhle getrennt nach linker und rechter



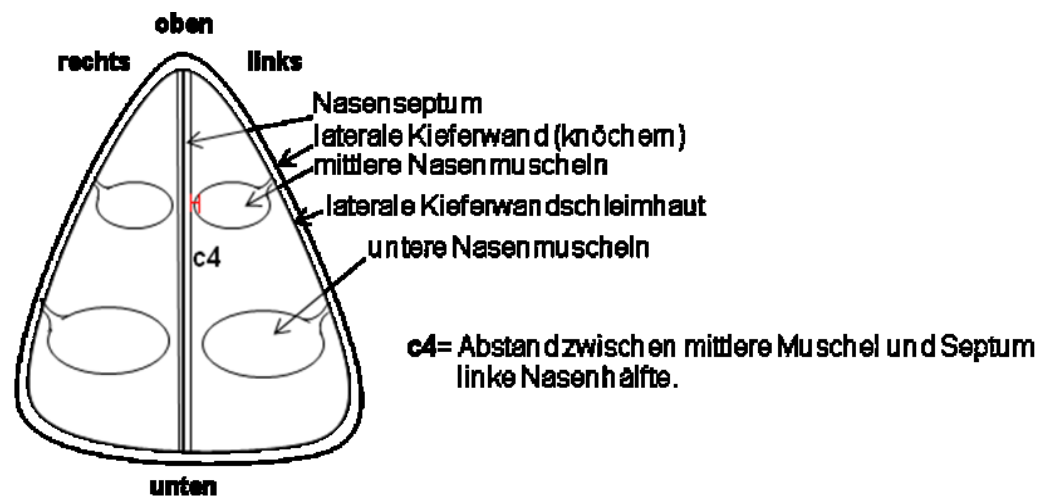
Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke **c1**.



Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke c_2 .

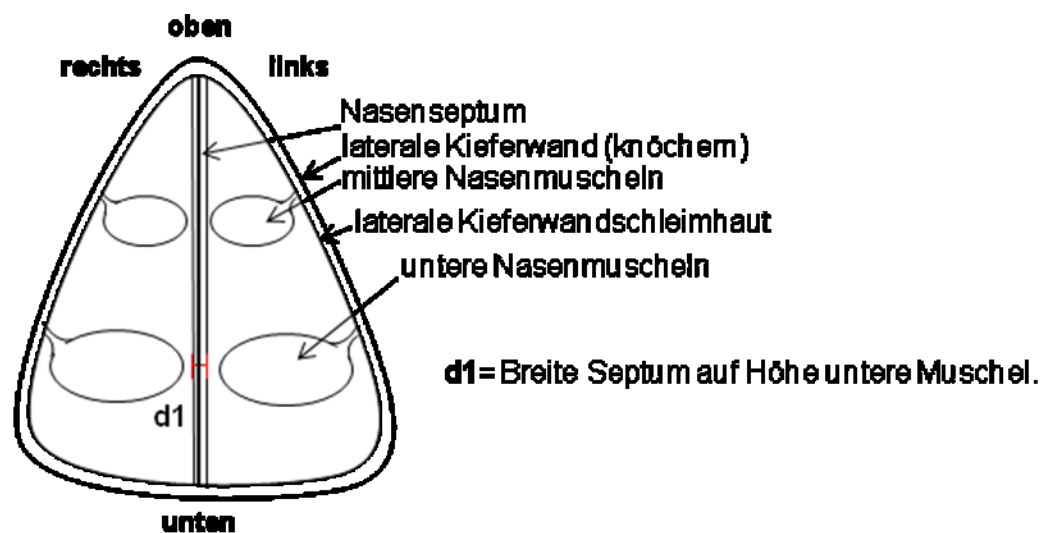


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke c_3 .

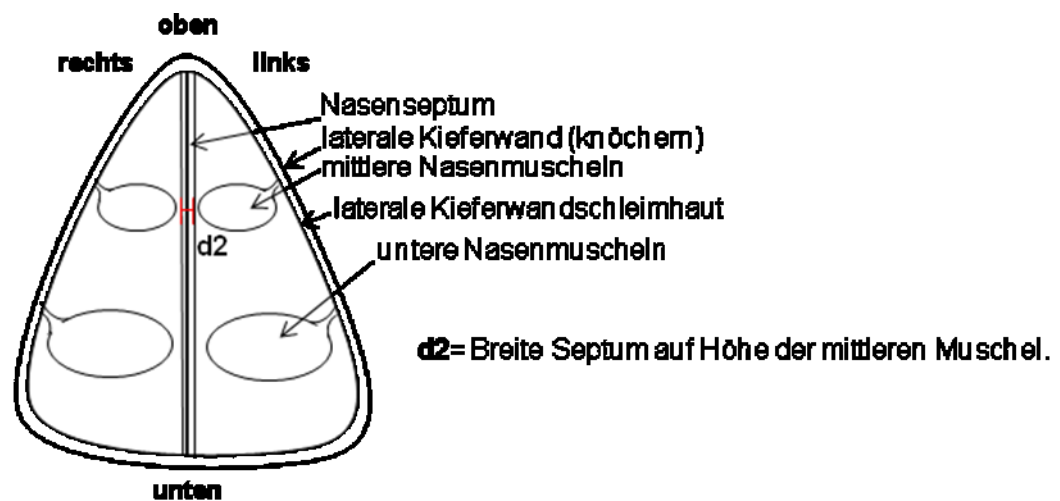


Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke $c4$.

$d1$ und $d2$ = Breite Septum.



Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke $d1$.



Axialer Schnitt durch das Nasencavum mit Angaben zur Messstrecke d2.

1.2.4 Unterschiedliche Messverfahren

Wie oben bereits erwähnt werden die 19 Probanden mittels unterschiedlicher Messmethoden untersucht:

Zum einen wäre dort zu nennen die Rhinomanometrie, die bislang den Goldstandard im klinischen Gebrauch um nasale Atembehinderungen festzustellen, darstellt. Mit Hilfe dieses Gerätes kann eine funktionelle Messung des Druck-/Volumenstrom-Verhältnisses durchgeführt werden

Dann die Rhinoskopie: hierfür wurde ein starres Nasenendoskop mit eingebauter Kaltlichtquelle „Kaltlicht-Fontäne- 486“ der Firma Storz verwandt. Hiermit wurde der “Schwellungszustand” der mittleren Nasenmuschel Seiten getrennt festgestellt. Die unterschiedlichen Schwellungszustände wurden dann, anhand einer vorher vereinbarten bildlichen Skala, mit Nummern von 1- 5 versehen. Die 1 steht für kleine, nicht geschwollene Muscheln bzw. freie Nase und die 5 für bis an das Septum reichende geschwollene Muscheln bzw. verlegte Nase. (Bildliche Skala siehe Anhang Seite 150).

An dieser Stelle ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass kein lokales Anästhetikum verwandt wird und das Endoskop lediglich bis an den vorderen Teil des Nasenvorhofes geführt wird, damit es zu keinem Nasenschleimhautkontakt und somit zu keinen Irritationen der Mucosa kommt.

Des Weiteren wird ein Empfindungsscore verwendet, bei dem die Probanden anhand einer Skala von 1- 10 nach ihrem subjektiven Empfinden, die Nasenatmung, rechts und links voneinander getrennt, bewerten müssen. Eins steht für eine freie Nasenatmung und zehn für eine stark behinderte bis kaum mögliche Nasenatmung.

Zum Schluss noch das MRT. Hierbei wird, wie im Kapitel „Versuchsablauf“ bereits beschrieben, verfahren.

1.2.5 Geräteliste

- Magnetresonanztomograph (MRT) Siemens Magnetom Sonata 1,5 Tesla Maestro Class

- | | | |
|---------------------------------------|---|-----------|
| - Sequenz Coronar Protonendichte (PD) | TR 4620 ms | TE 44ms |
| | Schichtdicke: 3mm | |
| | FoV 140x140 mm | |
| | Auflösung 512 pix | |
| | Phasenauflösung: 256 pix | |
| | Fettsättigung = d.h. Fettsignal wird unterdrückt (Fett = schwarz) | |
| - Sequenz transversal T2 gewichtet | TR 5790 ms | TE 113 ms |
| | Schichtdicke: 3,5 mm | |
| | FoV 120x120 | |
| | Auflösung: 512 pix | |
| | Phasenauflösung: 256 pix | |

4. Termohyg(d)rometer zur Temperatur- und Luftfeuchtheitsmessung, Testo 625
5. Rhinomanometer Rhinoscreen, Fa Erich Jaeger GmbH, PO Box 5846, D- 97008 Würzburg.
6. Endoskop Hopkins Geradeausblickoptik 0° 71217 AA mit Kaltlichtfontäne Halogen 150, Fa Karl Storz GmbH & Co KG, Mittelstr. 8, D- 78532 Tuttlingen.
7. Nasenatemmaske, HC 407 nasal CPAP universal, Fa Fisher & Paykel Health Care, PO Box 14348, Panmure, Auckland 1134, New Zealand.
8. „Luftkalorimetriergerät“ zur Kühlung bzw. Erwärmung der verwendeten Luft, Eigenbau.
9. „Vernebler“ zur Anfeuchtung der verwendeten Luft, Eigenbau.

1.2.6 Biometrieauswertung

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| • MRT Programm | Syngo |
| • MRT Auswertungsprogramm | impax von Aqua |
| • Statisches Auswertungsprogramm | Microsoft Excel |

1.3 Statistische Verfahren

Auch für die dynamischen Messungen wurden, wie bereits bei der Bibliothek, die Summe, der Mittelwert, die Standardabweichung, der Median sowie Minimum als auch Maximum errechnet.

Des Weiteren wurde bei den dynamischen Messungen eine Rangkorrelationsmatrix nach Spearman zwischen den einzelnen Messmethoden erstellt.

2. Ergebnisse

2.1 Temperatúrausschluss

Die ersten vier Probanden wurden den Klimata kalt/trocken, kalt/feucht, warm/trocken und warm/feucht ausgesetzt um zu ermitteln, welche Umweltbedingung die Nasenschleimhäute am stärksten „reizen“, in Form von an- bzw. abschwellen.

An Hand der unten aufgeführten Diagramme ist zu ersehen, dass die Klimata kalt/trocken und warm/feucht die deutlichere Tendenz einer Änderung der Nasenschleimhaut aufweisen.

Das Klima kalt/trocken führt zu einer stärkeren Anschwellung der Mucosa und somit zu einer Verkleinerung des freien Nasenlumens, als die übrigen Temperatur- und Feuchtigkeitskombinationen.

Dagegen lässt das Klima warm/feucht tendenziell die Schleimhäute der Nase abschwellen. Dies führt zu einer Vergrößerung des freien Nasenlumens.

Aufgrund dieser Tendenz werden die restlichen Probanden nur noch den beiden oben genannten Klimata (kalt/trocken, warm/feucht) ausgesetzt.

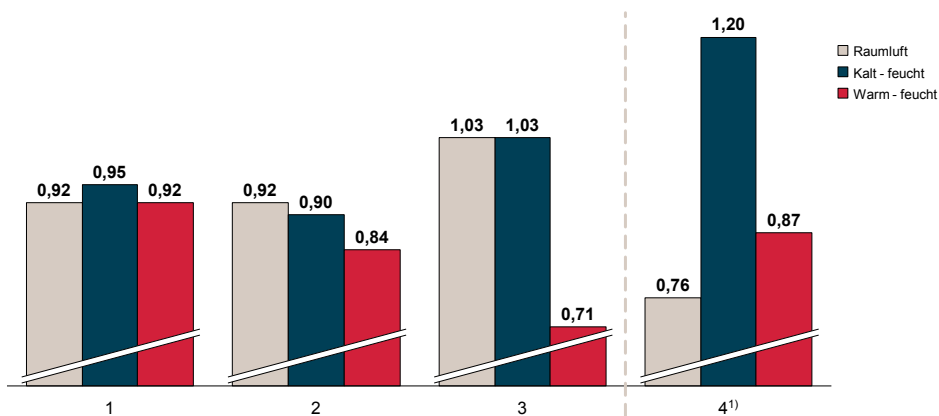
Bei einzelnen Probanden (n= 1-2) zeigt sich, dass die Schleimhaut des Septums sich widersprüchlich gegenüber der Mucosa der Muscheln verhält:

Während die Muscheln bei kalt/trockenem Klima anschwellen, kommt es bei einzelnen Probanden vor, dass die Breite des Septums abnimmt und während beim Großteil der Probanden die Muscheln bei warm/feucht abschwellen, kommt es zu einer Zunahme der Septumbreite.

BEISPIEL

Warme Luft bewirkt bei feuchten Bedingungen tendenziell stärkeres Anschwellen an Meßstelle b1

Meßwerte in cm



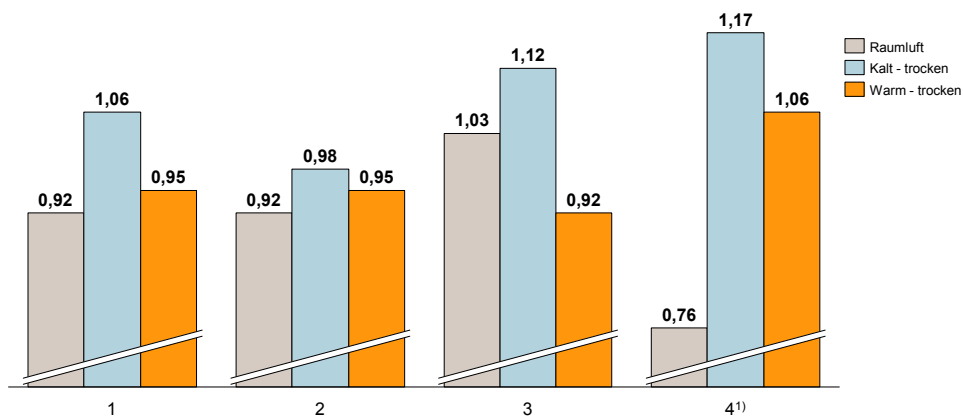
1) Proband 4 nach Auswertung weiterer Klimata tendenziell mit paradoxer Reaktion

| 15

BEISPIEL

Kalte Luft bewirkt bei trockenen Bedingungen tendenziell stärkeres Anschwellen an Meßstelle b1

Meßwerte in cm

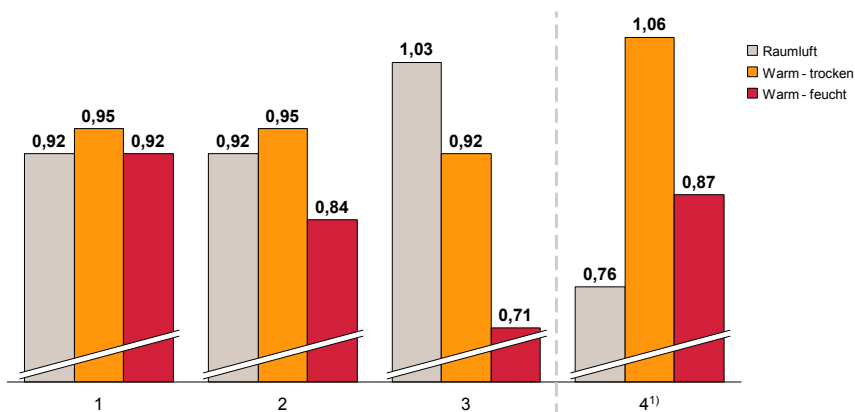


|

BEISPIEL

Feuchte Bedingungen bewirkten bei warmer Luft tendenziell stärkeres Anschwellen an Meßstelle b1

Meßwerte in cm



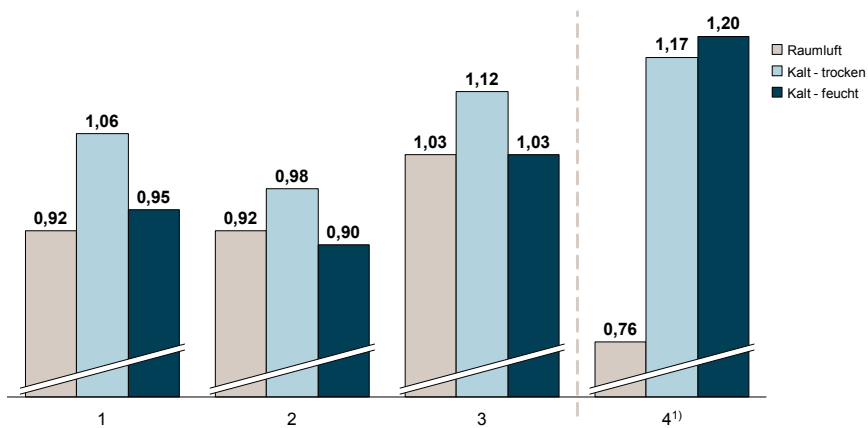
1) Proband 4 nach Auswertung weiterer Klimata tendenziell mit paradoxer Reaktion

| 16

BEISPIEL

Kalt-trocken bewirkt tendenziell stärkeres Anschwellen an Meßstelle b1 (Breite rechte untere Muschel) als Kalt-feucht

Meßwerte in cm



1) Proband 4 nach Auswertung weiterer Klimata tendenziell mit paradoxer Reaktion

| 17

BEISPIEL

Kalt-trocken bewirkt tendenziell stärkeres Anschwellen an Meßstelle b1 (Breite rechte untere Muschel) als Kalt-feucht

Schwellungsverhalten	Anschwellen	Abschwellen	Effekt
Kalt - trocken	✓	x	mittel bis stark
Kalt - feucht	✓	x	gering bis kein Effekt
Warm - trocken	x	✓	gering
Warm - feucht	x	✓	stark

| 19

Es zeigt sich, dass bei kalt/feuchter Luft es ebenfalls zum Anschwellen kommt, jedoch ist dieser Effekt nur sehr gering ausgeprägt, ebenso wie bei warm/trocken.

Tendenziell zeigen jedoch die Klimata kalt/trocken und warm/feucht die stärkeren Reaktionen. Dies wäre evtl. an einem größeren Probandenkollektiv, mit evtl. stärkerer jeweiligen klimatischer Reizung, zu überprüfen.

2.2 Klimawerte im MRT- Raum

Unter Umweltbedingungen versteht man die im MRT-Vorraum, als auch im eigentlichen MRT, vorherrschende Temperatur und Raumluftfeuchtigkeit. Beide Klimabedingungen sind als gleich zu erachten. Messungen, die außerhalb des MRTs durchgeführt wurden (z.B.: Rhinomanometrie, Rhinoskopie etc.), wurden bei offener Verbindungstür zum MRT-Raum gemessen. Außerdem wurde die Temperatur als auch die Luftfeuchtigkeit regelmäßig mit einem Thermohygrometer kontrolliert.

Die Raumtemperatur beträgt am Anfang der Messung im Mittel 22,95 °C und am Ende im Mittel 22,98 °C; dies entspricht einem Mittelwert von insgesamt 22,97 °C. Die Differenz hat somit den Wert 0,03 °C zwischen Anfangs-Raumtemperatur und der Raumtemperatur am Ende der Messungen.

Die Luftfeuchtigkeit am Anfang der Messungen betrug im Mittel 49,28 %, am Ende 48,93 %, dies ergibt einen Gesamt-Mittelwert von 49,10 % und entspricht einer Differenz von 0,345 %.

	Summe	Mittelwert	Standardab- weichung	Differenz*
RL Anf.	459,1	22,95°C	0,68	0,03°C
RL Ende	458,6	22,98°C	0,61	

*** Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessung**

Tabelle 1: Temperaturen vor und nach Messung MRT-Raumluft

	Summe	Mittelwert	Standardab- weichung	Differenz*
RL Anf.	935,2	46,76	9,74	1,68
RL Ende	721,2	45,08	10	

*** Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessungen**

Tabelle 2: rLF % vor und nach Messung MRT-Raumluft

2.2.1 Auswertung der MRT- Bilder (Ausgangswerte ohne aktive Klimatisierung = Raumluft).

Der untere Nasenanteil rechts weist folgende Messergebnisse auf:

Der Median der luftdurchströmenden Anteile rechts (a1+c1) beträgt 0,23 cm sowie ein Minimum von 0,16 cm und ein Maximum von 0,76 cm. Die Standardabweichung ergibt 0,15 cm.

Die distale Muschel rechts (b1) hat eine minimale Breite von 0,76 cm und eine maximale von 1,39 cm sowie eine Standardabweichung von 0,17 cm und einen Median von durchschnittlich 1,03 cm.

Die linke distale Muschel (b2) dagegen weist ein Minimum von 0,60 cm auf, während das Maximum 1,28 cm beträgt. Die Standardabweichung hierbei nimmt den Wert 0,18 cm ein und der Median von 0,95 cm.

Der luftdurchströmende freie Anteil des linken Nasencavums (a_2+c_2) beträgt im Median 0,27 cm und weist eine Standardabweichung von 0,18 cm auf. Der kleinste freie Abstand, das Minimum, ist 0,05 cm und der größte freie Abstand, das Maximum, 0,73 cm.

Die auf gleicher Höhe gemessene Septumbreite (d_1) weist einen minimalen Wert von 0,13 cm auf und einen maximalen von 0,41 cm. Der Median beträgt 0,30 cm und die Standardabweichung 0,08 cm.

Die restlichen Messpunkte sind Tabelle 3 zu entnehmen:

Raumluft						
untere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a1	0,09	0,14	0,13	0,05	0,41
Breite Muschel	b1	0,17	1,07	1,03	0,76	1,39
Abstand Muschel – Septum	c1	0,08	0,14	0,10	0,05	0,35
Breite Septum	d1	0,08	0,27	0,30	0,13	0,41
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e1	0,20	1,47	1,47	1,17	1,94
Gesamtbreite untere Nasenhöhle	fu	0,31	3,06	3,03	2,48	3,85
Raumluft						
untere Muschel-linker Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a2	0,09	0,19	0,19	0,05	0,32
Breite Muschel	b2					
Abstand Muschel – Septum	c2	0,18	0,95	0,95	0,60	1,28
Breite Septum	d2	0,11	0,16	0,13	0,00	0,43
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e2	0,14	1,43	1,42	1,20	1,66

Tabelle 3: Teil 1 - Messdaten der unteren Muscheln beim Klima Raumluft (in cm)

Die gleichen Messpunkte wurden auch für die mittlere Nasenmuschel erhoben.

Hierbei beträgt der Median der luftdurchströmenden Anteile des Nasencavums rechts (a_3+c_3) 0,24 cm und die Standardabweichung 0,13 cm. Das Minimum lautet 0,10 cm, das Maximum 0,54 cm.

Die minimale Breite der mittleren Muschel rechts (b_3) beträgt 0,13 cm, der linken (b_4) 0,30 cm. Das Maximum lautet für rechts 1,01 cm und für links 0,38 cm. Die Standardabweichung für die rechte mittlere Muschel beträgt 0,17 cm, für die linke ebenfalls 0,17 cm.

Die Septumbreite (d3), auf Höhe der mittleren Muschel gemessen, nimmt einen Wert im Median von 0,27 cm an und hat ein Maximum von 0,57 cm sowie ein Minimum von 0,13 cm. Weiterhin zeigt sich eine Standardabweichung von 0,11 cm.

Der luftpassierbare Anteil des linken Nasencavums auf Höhe der mittleren Muschel (a4+c4) beträgt im Median 0,26 cm und nimmt ein Maximum von 0,40 cm ein sowie ein Minimum von 0,16 cm. Die Standardabweichung dieses Messpunktes lautet 0,08 cm.

Die Auswertung der restlichen Messpunkte ist Tabelle 4 zu entnehmen:

Raumluft						
untere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a3	0,10	0,15	0,10	0,00	0,41
Breite Muschel	b3	0,17	0,64	0,65	0,30	1,01
Abstand Muschel – Septum	c3	0,06	0,13	0,13	0,00	0,24
Breite Septum	d3	0,11	0,30	0,27	0,13	0,57
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e3	0,28	1,13	1,12	0,97	1,80
Gesamtbreite mittlere Nasenhöhle	fm	0,40	2,42	2,43	1,80	3,47
Abstand Siebbeinzellen – kaudale Nasenhöhlenbegrenzung	g	0,52	3,67	3,56	2,88	4,35
Raumluft						
untere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a4	0,06	0,15	0,13	0,05	0,30
Breite Muschel	b4	0,17	0,65	0,65	0,38	0,98
Abstand Muschel – Septum	c4	0,06	0,13	0,13	0,05	0,35
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e4	0,21	1,10	1,09	0,84	1,53

Tabelle 4: Teil 2 - Messdaten der unteren Muscheln beim Klima Raumluft (in cm)

6.2.2 Auswertung der übrigen Messverfahren (subjektives Empfinden, Endoskopie, Rhinomanometrie)

Auch die Messungen mittels Endoskop und Rhinomanometer sowie die subjektive Empfindung, die nach jedem Klima erhoben wurden, sind statistisch ausgewertet worden.

Der Median für die subjektive Empfindung beträgt rechts 3, links 3; für die Rhinomanometrie rechts 318 ml/s, links 478 ml/s sowie für den Endoskopiescore rechts als auch links 3. Das Maximum der subjektiven Empfindung liegt rechts bei 7 und links bei 8, das Minimum jeweils rechts als auch links bei 1. Die rhinomanometrischen Messungen zeigen das Maximum rechts 1042 ml/s, links 1022 ml/s, die endoskopische Messungen rechts und links jeweils das Maximum von 4. Die Minima liegen jeweils bei den Messungen Rhinomanometrie rechts bei 160 ml/s und links bei 136 ml/s, die endoskopischen Minima bei 1.

Raumluft	Empfindungsscore		Rhinomanometrie ml/s			Endoskopiescore	
	rechts	links	rechts	links	ges.	rechts	links
Mittelwert	3,32	2,63	421,37	599,26	1020,63	3,11	3,05
Stabw	1,83	1,95	269,66	326,30	463,95	0,99	1,03
Median	3,00	2,00	318,00	478,00	848,00	3,00	3,00
Min	1,00	1,00	160,00	136,00	498,00	1,00	1,00
Max	7,00	8,00	1042,00	1022,00	2024,00	4,00	4,00

Tabelle 5: Ergebnisse von Empfindungsscore, Rhinomanometrie und Endoskopiescore unter Raumluftbedingungen

2.3 Klimawerte der Einatemluft bei Klima kalt/trocken

Das Klima wird mit Hilfe eines eigens erdachten und konstruierten „Klimagerät“ hergestellt. Die dort erzeugte Luft wird mittels eines Beatmungsschlauches zum Probanden geleitet. Damit keine zu starke Erwärmung der erzeugten Atemluft erfolgt, wird der zuführende Beatmungsschlauch mittels einer Polyethylenweichschaummantelung isoliert. Die kalt/trockene Luft wird mit einem Druck von durchschnittlich 0,8 bar dem Probanden zugeführt.

Die Temperatur sowie die Luftfeuchtigkeit werden in regelmäßigen Abständen mit Hilfe des Termohydrometers überprüft.

Die kalt/trockene Atemluft, die den Probanden mittels Nasenmaske appliziert wird, beträgt am Anfang der Messung im Mittel 9,25° C und am Ende 8,93°C, hieraus ergibt sich eine Differenz²⁰ von 0,33°C.

²⁰ Temperatur der kalten Luft am Anfang und am Ende.

Die anfängliche Luftfeuchtigkeit beträgt im Mittel 8,29% und steigt am Ende der Messung im Mittel auf 12,65% an. Dies ergibt eine Differenz zwischen Anfangsluftfeuchtigkeit und Endluftfeuchtigkeit von 4,36%.

	Mittelwert	Standardabweichung	Differenz*
k/t Anf.	9,25 °C	0,77	0,33°C
k/t Ende	8,92 °C	0,75	

* Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessung

Tabelle 6: Temperaturen vor und nach Messung MRT – kalt/trocken

	Mittelwert	Standardabweichung	Differenz*
k/t Anf.	8,29	3,17	4,36
k/t Ende	12,65	15,87	

* Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfang- und Endmessungen

Tabelle 7: rLF in% vor und nach Messung MRT – kalt/trocken

2.3.1 Auswertung der MRT- Bilder unter kalt/trockenen Klimabedingungen

Hierbei, und wie bei allen weiteren Klimata, werden die gleichen Messpunkte wie bei der Raumtemperaturmessung verwendet. Diese werden sowohl in absoluten Zahlen als auch in relativen Zahlen ²¹ berechnet. Zur klareren Darstellung werden nur die absoluten Werte angegeben. In der nachfolgenden Tabelle, in der auch die restlichen Messpunkte aufgeführt sind, werden beide aufgelistet.

Die untere Muschel rechts weist eine mediane Breite (b1) von 1,12 cm sowie eine Standardabweichung von 0,14 cm auf. Die maximale Breite beträgt 1,47 cm, die minimale 0,98 cm.

Dagegen weist die Breite der distalen Muschel links ein Maximum von 1,25 cm auf sowie ein Minimum von 0,79 cm. Der Median liegt bei 1,12 cm, die Standardabweichung bei 0,14 cm.

²¹ Bezug zur Raumluft in Prozent %.

Der minimale Anteil der frei passierbaren Fläche auf Höhe der unteren Muschel rechts ($a1+c1$) beträgt 0,14 cm, der maximale 0,35 cm. Die Standardabweichung nimmt einen Wert von 0,06 cm, der Median von 0,20 cm an.

Auf der linken unteren Seite ($a2+c2$) sieht es wie folgt aus: Median = 0,19 cm, Standardabweichung = 0,22 cm, Minimum = 0,08 cm und Maximum = 1,01 cm.

Die auf Höhe der distalen Muschel gemessene Breite des Septums ($d1$) liegt im Median bei 0,24 cm und weist eine Standardabweichung von 0,09 cm auf. Das Minimum beträgt 0,10 cm und das Maximum 0,43 cm.

kalt/ trocken						
untere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a1	0,05	0,12	0,13	0,00	0,21
Breite Muschel	b1	0,14	1,14	1,12	0,98	1,47
Abstand Muschel – Septum	c1	0,05	0,09	0,08	0,00	0,21
Breite Septum	d1	0,09	0,25	0,24	0,10	0,43
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e1	0,17	1,48	1,44	1,25	1,77
Gesamtbreite untere Nasenhöhle	fu	0,26	3,06	2,29	2,76	3,36
kalt/ trocken						
untere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a2	0,07	0,11	0,10	0,00	0,27
Breite Muschel	b2	0,14	1,08	1,12	0,79	1,25
Abstand Muschel – Septum	c2	0,18	0,14	0,10	0,00	0,82
Breite Septum	d2	0,11	0,16	0,13	0,00	0,43
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e2	0,14	1,42	1,36	1,17	1,77

Tabelle 8: Teil 1 - Messdaten der unteren Muschel bei kalt/trocken Klima (in cm)

Die maximale Breite der mittleren Muschel rechts ($b3$) beträgt 1,14 cm sowie ein Minimum von 0,35 cm. Der Betrag des Medians lautet 0,68 cm und die Standardabweichung 0,17 cm.

Die mittlere Muschel links ($b4$) weist einen Medianwert von 0,65 cm sowie eine Standardabweichung von 0,17 cm auf. Das Maximum lautet 1,20 cm und das Minimum 0,43 cm.

Die Septumbreite ($d3$) auf dieser Höhe liegt im Median bei 0,32 cm. Die Standardabweichung beträgt 0,17 cm. Das Minimum und Maximum nehmen jeweils Werte von 0,87 cm und 0,10 cm ein.

Die neben der rechten mittleren Muschel freien Anteile (a_3+c_3) liegen im Median bei 0,21 cm und weisen eine Standardabweichung von 0,11 cm auf. Das Minimum beträgt 0,00 cm, das Maximum 0,43 cm.

Die freien Anteile neben der linken mittleren Muschel (a_4+c_4) nehmen einen Median von 0,23 cm sowie eine Standardabweichung von 0,09 cm ein. Der kleinste Wert beträgt 0,08 cm, der größte 0,43 cm.

kalt/ trocken						
mittlere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a3	0,08	0,12	0,10	0,00	0,30
Breite Muschel	b3	0,17	0,66	0,68	0,43	1,14
Abstand Muschel – Septum	c3	0,06	0,11	0,10	0,00	0,21
Breite Septum	d3	0,17	0,37	0,32	0,10	0,87
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e3	0,24	1,10	1,06	0,62	1,50
Gesamtbreite mittlere Nasenhöhle	fm	0,35	2,39	2,43	1,75	2,95
Abstand Siebbeinzellen – kaudale Nasenhöhlenbegrenzung	g	0,50	3,67	3,66	2,88	4,46
kalt/ trocken						
mittlere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a4	0,08	0,13	0,13	0,00	0,35
Breite Muschel	b4	0,17	0,69	0,65	0,43	1,20
Abstand Muschel – Septum	c4	0,06	0,11	0,10	0,00	0,32
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e4	0,18	1,12	1,09	0,48	1,53

Tabelle 9: Teil 3 - Messdaten der mittleren Muschel bei kalt/trockenem Klima (in cm)

2.3.2 Auswertung der übrigen Messmethoden (subjektive Empfindung, Endoskopie, Rhinomanometrie) unter kalt/trockenem Klima

Der Median für die jeweiligen Messungen: Empfindungsscore, Rhinomanometrie und Endoskopie beträgt: rechts 4 und links 3 für den subjektiven Empfindungsscore, rechts 268 ml/s und links 418 ml/s für die Rhinomanometrie sowie 4 jeweils links und rechts für den Endoskopiescore.

Das Maximum liegt beim subjektiven Empfindungsscore bei jeweils 8, bei der Rhinomanometrie rechts bei 1010 ml/s und links bei 1034ml/s, endoskopisch nimmt das Maximum rechts sowie links einen Wert von 5 ein.

Die minimalen Werte der subjektiven Empfindung liegen bei je 1. Das Minimum beträgt für die Rhinomanometrie rechts 56 ml/s und links 94 ml/s, für die Endoskopie rechts 2 und links 1.

kalt/trocken	Empfindungsscore		Rhinomanometrie ml/s			Endoskopiescore	
	rechts	links	rechts	links	ges.	rechts	links
Mittelwert	3,79	3,00	402,95	513,47	959,58	3,68	3,47
Stabw	1,93	2,13	317,77	339,04	588,47	0,82	1,12
Median	4,00	3,00	268,00	418,00	822,00	4,00	4,00
Min	1,00	1,00	56,00	94,00	164,00	2,00	1,00
Max	8,00	8,00	1010,00	1034,00	2044,00	5,00	5,00

Tabelle 10: Ergebnisse von Empfindungsscore, Rhinomanometrie und Endoskopiescore unter der Klimabedingung kalt/trocken

2.3.3 Vergleich der unterschiedlichen Messverfahren mittels Rangkorrelationskoeffizient beim Klima kalt/trocken

Verwendet wird der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman, da es sich hierbei um monotone und keine linearen Zusammenhänge handelt. Dieser ist robuster gegenüber Ausreißern und kann für Variablen, die auf Ordinalskalenniveau gemessen werden, verwendet werden.

Die im Text angegebenen Ergebnisse sind immer bezogen auf die relativen Zahlen, nicht auf die absoluten.

Die Korrelationsklassen wurden für starke Korrelation zwischen 0,75 bis 1 festgelegt; für schwache Korrelationen von 0,25 bis 0,75 und für keine Korrelation von 0,25 bis -1.

2.3.4 Ergebnisse des Rangkorrelationskoeffizienten beim Klima kalt/trocken

Für den Messpunkt a1 (Abstand Kieferwandschleimhaut- Muschel rechts, untere Muschel) ergibt sich eine positive Korrelation mit dem subjektiven Empfindungswert für das rechte Nasenloch. Dagegen besteht beim gleichen Messpunkt (a1) eine negative Korrelation für die Rhinomanometrie rechts als auch für die Endoskopie rechts.

Die weiteren Ergebnisse sind aus den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen.

			Untere Muschel											
			rechts											
			a1=		b1=		c1=		d1=		e1=		fu=	
			rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	rechts	rel.	√		x		x		√		√		√	
		abs.		√		x		x		√		√		√
Rhinom.score	rechts	rel.	x		x		x		x		x		x	
		abs.		x		x		x		x		x		x
Endoskop.score	rechts	rel.	x		x		√		√		√		√	
		abs.		√		x		√		√		√		√

√ = positive Korrelation

x = negative Korrelation

Tabelle 11: Teil 1 - Korrelation der unteren Muschel für das Klima kalt/ trocken

			untere Muschel											
			rechts						links					
			a1+c1=		a2=		b2=		c2=		e2=		a2+c2=	
			rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	rechts	rel.	√											
		abs.		√										
	links	rel.			√		x		x		√		√	
		abs.				√		x		x		√		√
Rhinom.score	rechts	rel.	x											
		abs.		x										
	links	rel.			x		x		√		√		√	
		abs.				√		x		√		x		√
Endoskop.score	rechts	rel.	√											
		abs.		√										
	links	rel.			√		√		√		x		√	
		abs.				x		√		√		x		x

√ = positive Korrelation

x = negative Korrelation

Tabelle 12: Teil 2 - Korrelation der unteren Muschel für das Klima kalt/ trocken

Eine ebenfalls positive Korrelation liegt für den Messpunkt a3 bei der subjektiven Empfindung als auch bei der Rhinoskopie rechts vor. Nur der Endoskopiescore rechts korreliert negativ bei a3.

		mittlere Muschel													
		rechts													
		a3=		b3=		c3=		d3=		e3=		fm=		a3+c3=	
		rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	rechts	rel.	√	x		x		x		√		√		√	
		abs.		√			x		x		√		√		√
Rhinom.score	rechts	rel.	√	x		x		√		x		x		√	
		abs.		√		x		x		x		x		x	
Endoskop.score	rechts	rel.	x		√	x		x		√		√		x	
		abs.		x			√		x		√		√		x

√ = positive Korrelation

x = negative Korrelation

Tabelle 13: Teil 1 - Korrelation der mittleren Muschel für das Klima kalt/ trocken

		mittlere Muschel											
		links											
		a4=		b4=		c4=		e4=		g=		a4+c4=	
		rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	links	rel.	√	x		x		√		√		√	
		abs.		√		x		x		x		x	
Rhinom.score	links	rel.	x		x		√		√		√		x
		abs.		√		x		√		√		x	
Endoskop.score	links	rel.	√		x		√		x		x		√
		abs.		√		x		x		x		x	

√ = positive Korrelation

x = negative Korrelation

Tabelle 14: Teil 2 - Korrelation der mittleren Muschel für das Klima kalt/ trocken

2.4 Klimawerte der Einatemluft bei Klima warm/feucht

Auch dieses Luftklima wird mit Hilfe des „Klimagerätes“, wie bereits oben beschrieben, hergestellt. Zusätzlich wird Wasserdampf erzeugt um die nötige Luftfeuchtigkeit herzustellen. Bei allen Klimata wird eine Eingewöhnungszeit von fünf Minuten eingehalten; zum Einen, damit sich der Proband an das angebotene Klima gewöhnen kann, zum Anderen, vor allem bei den feuchten Klimata, damit sich der Beatmungsschlauch mit der Feuchtigkeit sättigen kann und somit keine großen Schwankungen innerhalb der Messung stattfinden.

Zu Beginn der Messungen beträgt die Temperatur durchschnittlich 9,95°C, am Ende 9,73%. Dies ergibt eine Differenz von 0,22°C.

55,7% beträgt die Luftfeuchtigkeit am Anfang, 51,53% am Ende, so dass sich eine Differenz von 4,17% ergibt.

Der Flow liegt im Durchschnitt bei 0,6 bar.

Klima	Mittelwert	Standardabweichung	Differenz*
k/f Anf.	9,95°C	0,63	0,22°C
k/f Ende	9,73°C	1,25	

* Die Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessungen

Tabelle 15: Temperaturen vor und nach Messung MRT kalt/feucht

Klima	Mittelwert	Standardabweichung	Differenz*
k/f Anf.	55,7	3,8	4,17
k/f Ende	51,53	1,35	

* Die Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessungen

Tabelle 16: rLF in % vor und nach Messung MRT kalt/feucht

2.4.1 Auswertungen der MRT- Bilder unter kalt/feuchten Klimabedingungen

Zu beachten bei diesem Klima ist, das hier insgesamt „nur“ vier Probanden vermessen wurden, anstatt 19.

Der Median der Breite, der unteren Muschel rechts (b1), hat den Wert 0,91 cm und eine Standardabweichung von 0,16 cm. Die maximale Breite der unteren rechten Muschel beträgt 1,20 cm; die minimale 0,62 cm.

Das Maximum der unteren linken Muschel (b2) beträgt 1,23 cm und das Minimum 0,60 cm. Hier liegt die Standardabweichung bei 0,20 cm und der Median bei 0,91 cm.

Der auf beiden Seiten der rechten unteren Muschel von Luft passierbare Raum (a1+c1) nimmt ein Maximum von 0,32 cm und ein Minimum von 0,16 cm ein. Der gleiche luftdurchströmbare Raum auf der linken Seite (a2+c2) beträgt im Maximum 0,37 cm und im Minimum 0,18 cm.

Die Septumbreite auf Höhe der unteren Muscheln liegt mit einem Median von 0,19 cm und einer Standardabweichung von 0,05 cm zu Grunde.

kalt/ feucht						
untere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a1	0,08	0,13	0,16	0,01	0,19
Breite Muschel	b1	0,13	1,02	0,99	0,90	1,20
Abstand Muschel – Septum	c1	0,03	0,11	0,10	0,08	0,16
Breite Septum	d1	0,05	0,20	0,19	0,14	0,27
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e1	0,10	1,41	1,38	1,33	1,55
Gesamtbreite untere Nasenhöhle	fu	0,15	3,03	3,02	2,89	3,19
kalt/ feucht						
untere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a2	0,05	0,14	0,12	0,10	0,21
Breite Muschel	b2	0,15	0,99	0,98	0,82	1,17
Abstand Muschel – Septum	c2	0,04	0,10	0,08	0,08	0,16
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e2	0,12	1,37	1,38	1,23	1,50

Tabelle 17: Teil 1 - Messdaten der unteren Muschel bei Klima kalt/feucht (in cm)

Der mediane Wert der Breite der mittleren rechten Nasenmuschel (b3) liegt bei 0,70 cm, die Standardabweichung bei 0,25 cm.

Das Maximum beträgt 1,14 cm, das Minimum 0,60 cm.

Auf der linken Seite ist der mediane Wert für die mittlere Muschel (b4) 0,72 cm und die Standardabweichung 0,13 cm. Minimum und Maximum betragen jeweils 0,49 cm und 0,79 cm.

Der freie Raum zwischen Septum und mittlerer Muschel, als auch zwischen mittlerer Muschel und laterale Kieferwand, nimmt rechts (a3+c3) einen Median von 0,20 cm und links (a4+c4) einen Median von 0,18 cm ein. Die Standardabweichung liegt rechts bei 0,04 cm und links bei 0,10 cm. Minimum und Maximum für rechts betragen 0,16 cm und 0,26 sowie für links 0,14 cm und 0,35 cm.

Der Median der Septumbreite auf der Ebene der mittleren Nasenmuschel (d3) ist 0,30 cm, die Standardabweichung 0,18 cm. Der maximale Wert beträgt 0,54 cm, der minimale 0,10 cm.

Die restlichen Messpunkte sind erneut der folgenden Tabelle zu entnehmen.

kalt/ feucht						
mittlere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a3	0,03	0,11	0,10	0,08	0,16
Breite Muschel	b3	0,25	0,78	0,70	0,60	1,16
Abstand Muschel – Septum	c3	0,01	0,10	0,10	0,08	0,10
Breite Septum	d3	0,18	0,31	0,30	0,10	0,54
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e3	0,28	1,03	0,98	0,90	1,50
Gesamtbreite mittlere Nasenhöhle	fm	0,27	2,44	2,35	2,24	2,84
Abstand Siebbeinzellen – kaudale Nasenhöhlenbegrenzung	g	0,10	0,21	0,18	0,14	0,35
kalt/ feucht						
mittlere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a4	0,09	0,13	0,09	0,08	0,27
Breite Muschel	b4	0,13	0,68	0,72	0,49	0,79
Abstand Muschel – Septum	c4	0,02	0,08	0,08	0,05	0,10
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e4	0,17	1,06	1,08	0,84	1,23

Tabelle 18: Teil 2 - Messdaten der unteren Muschel bei Klima kalt/feucht (in cm)

2.4.2 Auswertung der übrigen Messverfahren (subj. Empfindung, Endoskopie, Rhinomanometrie) bei kalt/feuchtem Klima.

Der Median des subjektiven Empfindens beträgt rechts 2,5, links 4, der Rhinomanometrie-rechts 340 ml/s, links 325 ml/s sowie der Endoskopiewert rechts 3 und links 4.

Der maximale Wert des subjektiven Empfindens lautet rechts 6, links 5, der der Rhinomanometrie für rechts 910 ml/s, für links 648 ml/s und für die Endoskopie rechts als auch links 4.

Das Minimum nimmt bei dem subjektiven Empfinden den Wert von jeweils 1 an, bei der Rhinomanometrie rechts 298 ml/s, links 216 ml/s sowie bei der Endoskopie rechts einen Wert von 2 und links von 3.

	Empfindungsscore		Rhinomanometrie ml/s			Endoskopiescore	
	rechts	links	rechts	links	ges.	rechts	links
Mittelwert	3,00	3,50	472,00	378,50	850,50	3,00	3,75
Stabw	2,16	1,91	293,22	200,50	254,93	0,82	0,50
Median	2,50	4,00	340,00	325,00	871,00	3,00	4,00
Min	1,00	1,00	298,00	216,00	534,00	2,00	3,00
Max	6,00	5,00	910,00	648,00	1126,00	4,00	4,00

Tabelle 19: Ergebnisse von Empfindungsscore, Rhinomanometrie und Endoskopiescore unter der Klimabedingung kalt/feucht

2.5 Klimawerte der Einatemluft bei Klima warm/trocken.

Auch für dieses Klima kommt wieder das „Klimagerät“ zum Einsatz, wie bereits beim Klima kalt/trocken beschrieben. Am Anfang der Messungen beträgt die durchschnittliche Lufttemperatur 44,58°C, am Ende 42,08°C. Dies ergibt eine Differenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur von 2,5°C.

Die Luftfeuchtigkeit startet mit 1,3% und endet mit 1,28%; Die Differenz beträgt somit 0,02%.

Die Luftdurchströmungsgeschwindigkeit des Beatmungsschlauches liegt während der Messung im Median bei 0,6 bar.

Klima	Summe	Mittelwert	Standardabweichung	Differenz*
w/t Anf.	178,3	44,58°C	2,68	2,5°C
w/t Ende	168,3	42,08°C	3,15	

* Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessung

Tabelle 9: Temperaturen vor und nach Messung MRT – warm/trocken

Klima	Summe	Mittelwert	Standardabweichung	Differenz*
w/t Anf.	5,2	1,3	0,245	0,02 °C
w/t Ende	5,1	1,28	0,56	

* Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessung

Tabelle 21: rLF in % vor und nach Messung MRT – warm/trocken

2.5.1 Auswertung der MRT- Bilder unter warm/trockenen Klimabedingungen.

Die Standardabweichung für die Breite der unteren Nasenmuschel rechts (b1) beträgt 0,06 cm, für die linke (b2) 0,19 cm. Der Median für rechte und linke Muschelbreite liegt jeweils bei 0,95 cm und 1,00 cm.

Die maximale Breite rechts nimmt einen Wert von 1,06 cm ein, die minimale 0,92 cm. Für die linke Seite wurde ein Maximum von 1,20 cm und ein Minimum von 0,76 cm berechnet.

Die Abstände zwischen lateraler Kieferwand und untere Muschel, sowie zwischen mittlerer Muschel und Septum, betragen für die rechte Seite (a1+c1), im Median 0,33 cm sowie im Minimum und Maximum je 0,18 cm und 0,40 cm. Die Standardabweichung ergibt einen Wert von 0,10 cm.

Die Abstände auf der linken Seite (a2+c2) betragen im Median 0,22 cm und weisen eine Standardabweichung von 0,07 cm auf.

Das Septum (d1) dieser Ebene ist im Maximum 0,35 cm und im Minimum 0,21 cm breit. Der Median liegt bei 0,26 cm und die Standardabweichung bei 0,06 cm.

warm/ trocken						
untere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a1	0,08	0,19	0,23	0,08	0,24
Breite Muschel	b1	0,06	0,97	0,95	0,92	1,06
Abstand Muschel – Septum	c1	0,03	0,12	0,12	0,08	0,16
Breite Septum	d1	0,06	0,27	0,26	0,21	0,35
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e1	0,19	1,44	1,43	1,25	1,66
Gesamtbreite untere Nasenhöhle	fu	0,18	3,11	3,10	2,92	3,30
warm/ trocken						
untere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a2	0,03	0,13	0,13	0,10	0,16
Breite Muschel	b2	0,19	0,99	1,00	0,76	1,20
Abstand Muschel – Septum	c2	0,04	0,11	0,09	0,08	0,16
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e2	0,10	1,41	1,43	1,28	1,50

Tabelle 22: Teil 1 - Messdaten der unteren Muschel bei warm/trockenem Klima (in cm)

Die gleichen Messpunkte auf der mittleren Muschelhöhe gemessen, ergeben für die Breite der mittleren rechten Muschel (b3) im Median einen Wert von 0,69 cm, sowie für die linke (b4) einen Wert von 0,64 cm.

Die errechnete Standardabweichung für die rechte Muschel ist 0,23 cm, für die linke 0,12 cm. Das Maximum und Minimum für rechts betragen jeweils 1,09 cm und 0,57 cm, für die linke Seite 0,76 cm und 0,49 cm.

(a3+c3) nimmt einen medianen Wert von 0,28 cm ein und eine Standardabweichung von 0,10 cm. Das Maximum liegt bei 0,29 cm und das Minimum bei 0,08 cm.

Die gleichen Abstände auf der linken Seite (a4+c4) haben ein Maximum von 0,24 cm und ebenfalls ein Minimum von 0,08 cm. Die Standardabweichung beträgt 0,07 cm und der Median 0,19 cm.

Das gemeinsame Septum (d3) ist im Median 0,29 cm breit und hat eine Standardabweichung von 0,15 cm. Das Minimum liegt bei 0,13 cm, das Maximum bei 0,49 cm.

Weitere Messpunkte siehe nachfolgende Tabelle.

warm/ trocken						
mittlere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a3	0,07	0,10	0,12	0,00	0,16
Breite Muschel	b3	0,23	0,76	0,69	0,57	1,09
Abstand Muschel – Septum	c3	0,04	0,13	0,15	0,08	0,16
Breite Septum	d3	0,15	0,30	0,29	0,13	0,49
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e3	0,22	1,13	1,08	0,92	1,44
Gesamtbreite mittlere Nasenhöhle	fm	0,26	2,43	2,33	2,26	2,81
Abstand Siebbeinzellen – kaudale Nasenhöhlenbegrenzung	g	0,07	0,18	0,19	0,08	0,24
warm/ trocken						
mittlere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a4	0,03	0,11	0,10	0,08	0,16
Breite Muschel	b4	0,12	0,63	0,64	0,49	0,76
Abstand Muschel – Septum	c4	0,04	0,07	0,08	0,00	0,10
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e4	0,10	0,97	0,98	0,84	1,09

Tabelle 23: Teil 3 - Messdaten der unteren Muschel bei warm/trockenem Klima (in cm)

2.5.2 Auswertung der alternativen Messverfahren bei Klima warm/feucht.

Der Median für die subjektive Empfindung beträgt rechts 1, links 2,5; für die Rhinomanometrie rechts 320 ml/s, links 316 ml/s sowie für den Endoskopiescore rechts 3 sowie links 4. Das Maximum der subjektiven Empfindung liegt rechts bei 6 und links bei 5, das Minimum jeweils rechts als auch links bei 1. Die rhinomanometrischen Messungen zeigen das Maximum rechts 934 ml/s, links 576 ml/s, die endoskopische Messungen rechts und links jeweils das Maximum von 4. Die Minima liegen jeweils bei den Messungen Rhinomanometrie rechts bei 204 ml/s und links bei 112 ml/s, die endoskopischen Minima bei 2.

	Empfindungsscore		Rhinomanometrie ml/s			Endoskopiescore	
	rechts	links	rechts	links	ges.	rechts	links
warm/trocken							
Summe	10	11	1778	1320	3098	12	14
Mittelwert	2,5	2,75	444,5	330	774,5	3	3,5
Stabw	3	1,71	331,21	191,69	334,99	0,82	1
Median	1	2,5	320	316	732	3	4
Min	1	1	204	112	414	2	2
Max	7	5	934	576	1220	4	4

Tabelle 24: Ergebnisse von Empfindungsscore, Rhinomanometrie und Endoskopiescore unter der Klimabedingung warm/trocken

2.6 Klimawerte der Einatemluft bei Klima warm/feucht.

Auch hier wird zur Erzeugung des Klimas, wie bereits bei kalt/feucht beschrieben, die oben mehrfach genannten Geräte verwendet.

Zu Beginn ist die Einatemluft 43,5°C warm und besitzt eine Feuchtigkeit von 99,9%. Am Ende der Messung beträgt die Temperatur 38,76°C und die Luftfeuchtigkeit ebenfalls 99,9%. Die Differenzen betragen für die Wärme 4,74°C für die Luftfeuchtigkeit 0%. Der Flow beträgt während der ganzen Messung im Median 0,6 bar.

Klima	Summe	Mittelwert	Standardab- weichung	Differenz*
w/f Anf.	868,9	43,50°C	2,05	4,74°C
w/f Ende	775,2	38,76°C	2,56	

*Die Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessung

Tabelle 25: Temperaturen vor und nach Messung MRT – warm/feucht

Klima	Summe	Mittelwert	Standardab- weichung	Differenz*
w/f Anf.	1998,1	99,9	0,02	0 °C
w/f Ende	1998,2	99,9	0,02	

* Die Differenz wurde errechnet aus Mittelwert der Anfangs- und Endmessung

Tabelle 26: rLF in % vor und nach Messung MRT – warm/feucht

2.6.1 Auswertung der MRT- Bilder unter warm/feuchten Klimabedingungen.

Auch bei diesem Klima ist wiederum zu beachten, dass insgesamt nur vier Probanden vermessen wurden, anstatt 19.

Die untere Nasenmuschel rechts (b1) nimmt eine mediane Breite von 0,85 cm und eine Standardabweichung von 0,12 cm ein. Die linke untere (b2) dagegen hat einen Median von 0,93 cm und eine Standardabweichung von 0,19 cm.

Minimum und Maximum für die jeweiligen Seiten betragen rechts 0,71 cm und 0,92 cm sowie links 0,79 cm und 1,23 cm.

Die Septumbreite (d1) nimmt eine Standardabweichung von 0,05 cm und einen Median von 0,31 cm ein. Minimum und Maximum liegen bei 0,27 cm und 0,38 cm.

Die luftdurchströmenden Abstände neben der unteren Muschel zeigen rechts (a_1+c_1) ein Maximum von 0,56 cm und ein Minimum von 0,32 cm. Für links (a_2+c_2) jeweils 0,43 cm und 0,00 cm.

warm/ feucht						
untere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a1	0,10	0,15	0,13	0,00	0,32
Breite Muschel	b1	0,24	0,96	1,03	0,00	0,32
Abstand Muschel – Septum	c1	0,10	0,16	0,16	0,33	1,31
Breite Septum	d1	0,09	0,30	0,30	0,16	0,49
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e1	0,21	1,47	1,50	1,17	1,91
Gesamtbreite untere Nasenhöhle	fu	0,03	3,10	3,08	2,54	3,61
warm/ feucht						
untere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a2	0,08	0,15	0,13	0,00	0,32
Breite Muschel	b2	0,16	1,03	1,01	0,73	1,36
Abstand Muschel – Septum	c2	0,08	0,12	0,10	0,00	0,32
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e2	0,16	1,45	1,47	1,12	1,75

Tabelle 27: Teil 1 - Messdaten der unteren Muschel bei warm/feuchtem Klima (in cm)

Die Breite der mittleren rechten Nasenmuschel (b_3) beträgt im Median 0,57 cm und weist eine Standardabweichung von 0,26 cm auf. Minimum und Maximum liegen bei 1,06 cm und 0,49 cm. Der gleiche Messpunkt auf der linken Nasenhälfte (b_4) nimmt einen Median von 0,74 cm ein und eine Standardabweichung von 0,37 cm. Minimum und Maximum betragen hier 1,01 cm und 0,17 cm.

Die Messpunkte (a_3+c_3) für Höhe rechte mittlere Muschel und (a_4+c_4) für Höhe linke mittlere Nasenmuschel nehmen jeweils einen Median von 0,26 cm und 4,07 cm ein. Die Standardabweichung betragen 0,09 cm und 0,52 cm.

Die Abstände der rechten Nasenhälfte haben ein Maximum sowie ein Minimum von 0,40 cm und 0,20. Der Messpunkt links nimmt dagegen ein Maximum von 0,32 und ein Minimum von 0,05 cm an.

Die Septumbreite auf Höhe der mittleren Nasenmuschel (d_3) beträgt im Median 0,29 cm. Die Standardabweichung liegt bei 0,08 cm, das Minimum und Maximum bei jeweils 0,13 cm und 0,30 cm.

Weitere Messwerte siehe folgende Tabelle.

warm/ feucht						
mittlere Muschel-rechte Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a3	0,10	0,15	0,13	0,00	0,32
Breite Muschel	b3	0,17	0,64	0,60	0,43	1,06
Abstand Muschel – Septum	c3	0,07	0,13	0,13	0,00	0,35
Breite Septum	d3	0,14	0,31	0,30	0,10	0,54
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e3	0,22	1,09	0,98	0,90	1,50
Gesamtbreite mittlere Nasenhöhle	fm	0,35	2,44	2,35	2,24	2,84
Abstand Siebbeinzellen – kaudale Nasenhöhlenbegrenzung	g	0,49	0,21	0,18	0,14	0,35
warm/ feucht						
mittlere Muschel-linke Seite	Abkürzung	Stabw	Mittelw.	Median	Min.	Max.
Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a4	0,11	0,13	0,09	0,08	0,27
Breite Muschel	b4	0,20	0,68	0,72	0,49	0,79
Abstand Muschel – Septum	c4	0,08	0,08	0,08	0,05	0,10
Abstand laterale Kieferwand - Septum	e4	0,18	1,06	1,08	0,84	1,23

Tabelle 10: Teil 3 - Messdaten der mittleren Muschel bei warm/feuchtem Klima (in cm)

2.6.2 Auswertung der übrigen Messverfahren (subj. Empfindung, Endoskopie, Rhinomanometrie) bei warm/feuchtem Klima

Der rechte subjektive Empfindungsscore hat einen Median von 3, der linke von 2. Für die Rhinomanometrie gilt rechts ein Median von 216 ml/s und links von 272 ml/s sowie einen Endoskopiescore von rechts 3 und links 4.

Minimum und Maximum liegen für den subjektiven Empfindungsscore jeweils bei 1, rechts bei 9 und links bei 8, für die Rhinomanometrie rechts bei 20 ml/s und 1014 ml/s, links bei 68 ml/s und 1010 ml/s sowie für die Endoskopie bei je 2 und 5.

	Empfindungsscore		Rhinomanometrie ml/s			Endoskopiescore	
	rechts	links	rechts	links	ges.	rechts	links
warm/feucht							
Summe	74,00	66,00	6288,00	6848,00	13136,00	67,00	70,00
Mittelwert	3,89	3,47	330,95	360,42	691,37	3,53	3,68
Stabw	2,64	2,34	325,66	316,82	399,46	0,96	0,75
Median	3,00	2,00	216,00	272,00	494,00	3,00	4,00
Min	1,00	1,00	20,00	68,00	184,00	2,00	2,00
Max	9,00	8,00	1014,00	1010,00	1532,00	5,00	5,00

Tabelle 29: Ergebnisse von Empfindungsscore, Rhinomanometrie und Endoskopiescore unter der Klimabedingung warm/feucht

2.6.3 Vergleich der unterschiedlichen Messverfahren mittels Rangkorrelationskoeffizienten beim Klima warm/feucht.

Ebenfalls wurden die Korrelationskoeffizienten für das Klima warm/ feucht erstellt. Hierbei ergibt sich für den bereits oben erwähnten Messpunkt a1 keine Korrelation mit dem subjektiven Empfinden. Dagegen liegt eine positive Korrelation bei der Rhinomanometrie als auch der Rhinoskopie vor.

Die übrigen Ergebnisse sind wieder der nachfolgenden Tabellen zu entnehmen.

			Untere Muschel											
			rechts											
			a1=		b1=		c1=		d1=		e1=		fu=	
			rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	rechts	rel.	x		√		x		x		√		x	
		abs.		x		√		x		x		√		x
Rhinom.score	rechts	rel.	√		x		√		√		√		√	
		abs.		√		x		x		√		√		x
Endoskop.score	rechts	rel.	√		x		√		√		√		x	
		abs.		√		√		x		√		√		x

√ = positive Korrelation
x = negative Korrelation

Tabelle 30: Teil 1 - Korrelationsanalyse der Messergebnisse der unteren Muschel für das Klima warm/ feucht

			Untere Muschel											
			rechts		links									
			a1+c1=		a2=		b2=		c2=		e2=		a2+c2=	
			rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	rechts	rel.	x											
		abs.												
	links	rel.			x $\sqrt$ x $\sqrt$ x									
		abs.												
Rhinom.score	rechts	rel.	$\sqrt$											
		abs.												
	links	rel.			x $\sqrt$ $\sqrt$ $\sqrt$ $\sqrt$ x									
		abs.												
Endoskop.score	rechts	rel.	$\sqrt$											
		abs.												
	links	rel.			x $\sqrt$ x $\sqrt$ x									
		abs.												

$\sqrt$ = positive Korrelation
x = negative Korrelation

Tabelle 31: Teil 2 - Korrelationsanalyse der Messergebnisse der unteren Muschel für das Klima warm/ feucht

Der auf Höhe der mittleren Muschel gemessene Wert für a3 zeigt keine Korrelation weder bei dem Empfindungs-, der Rhinomanometrie- noch bei dem Endoskopiescore rechts.

Weitere Korrelationskoeffizienten, auch für die linke Seite, siehe folgende Tabellen:

			mittlere Muschel													
			rechts													
			a3=		b3=		c3=		d3=		e3=		fm=		a3+c3=	
			rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	rechts	rel.	x		x		x		x		x		x		x	
		abs.	$\sqrt$		x		x		x		x		x		x	
Rhinom.score	rechts	rel.	x		$\sqrt$		x		$\sqrt$		$\sqrt$		$\sqrt$		x	
		abs.	$\sqrt$		$\sqrt$		x		$\sqrt$		x		x		$\sqrt$	
Endoskop.score	rechts	rel.	x		$\sqrt$		x		x		x		$\sqrt$		x	
		abs.	x		$\sqrt$		x		x		x		x		$\sqrt$	

$\sqrt$ = positive Korrelation
x = negative Korrelation

Tabelle 32: Teil 1 - Korrelationsanalyse der Messergebnisse der mittleren Muschel für das Klima warm/feucht

			mittlere Muschel											
			links											
			a4=		b4=		c4=		e4=		g=		a4+c4=	
			rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Empf.score	links	rel.	X		√		√		√		√		x	
		abs.		x		√		x		√		x		x
Rhinom.score	links	rel.	X		√		√		√		x		x	
		abs.		x		x		x		x		x		x
Endoskop.score	links	rel.	X		√		x		√		x		x	
		abs.		x		√		x		√		x		x

√ = positive Korrelation

x = negative Korrelation

Tabelle 33: Teil 2 - Korrelationsanalyse der Messergebnisse der unteren Muschel für das Klima warm/feucht

3. Diskussion

3.1 Dynamik

In diesem Kapitel werden die oben erhobenen Daten und errechneten Ergebnisse der Dynamik bewertet und im Kontext der bestehenden Literatur diskutiert sowie kritisch hinterfragt.

Es wird versucht, Verbesserungen und Anregungen aufzuzeigen für spätere evtl. folgende Arbeiten.

Als bildgebende Verfahren verwendeten wir das MRT aufgrund der fehlenden Strahlenbelastung für die Probanden, als auch wegen der besseren Schleimhautabgrenzung.

3.1.1 Auswahl der unterschiedlichen Klimabedingungen

Eine der ersten Fragestellungen ist: „Welche Kombination aus Temperatur und Luftfeuchtigkeitsgrad führt zur stärksten Reaktion der Nasenmukosa?“.

Aus einem Vorversuch mit Auswertung der Erfahrung bei vier Probanden ließ sich tendenziell erkennen, dass die Temperaturen kalt/trocken und warm/feucht die stärkeren Reaktionen der Nasenschleimhaut hervorriefen.

M.T. Laine ²² verwendete in seiner Forschungsarbeiten kalte Luft. Das Probandenkollektiv war hierbei größer (n= 40 Probanden). Sie waren ebenfalls alle gesund. Unterschiede bestehen darin, dass die „pressure-flow technique“ angewandt wurde und durch die Nase sowohl ein als auch ausgeatmet wurde. Gemessen wurde mittels eines Pneumotachographen und nicht mittels MRT. Die Ergebnisse seiner Studie zeigten bei kalter Luft, die Luftfeuchtigkeit wurde leider nicht gemessen, eine Verkleinerung des Naseninnenraums und der „airflow“ Rate.

T. Keck et al ²³ verwendeten, wie wir, die Klimata kalt/trocken und warm/feucht in ihrer Studie „endonasales Temperatur- und Feuchtigkeitsprofil nach Exposition zu verschiedenen klimatisierter Einatemluft“. Die Messung erfolgte nicht mittels MRT sondern mittels Sonden, die an der Nasenschleimhaut an drei verschiedenen Messpositionen angebracht wurden.

²² Laine et al (1994) Am J Orthod Dentoface

²³ Keck et al (2001) HNO 49: 372- 377

Nach 10-minütiger Kurzzeitexposition mit den jeweiligen Klimata und anschließender Raumlufthemperatur-Exposition, wurde die endinspiratorische, intranasale Feuchte und Temperatur an den Sonden gemessen. In dieser Studie wurde ebenfalls durch die Nase ein- und durch den Mund ausgeatmet. Insgesamt wurden 15 gleichfalls gesunde Probanden vermessen. Das Ergebnis war, dass die intranasale Feuchte unter Raumlufatmung an allen Messorten anstieg mit zunehmender Temperatur und Feuchtigkeit. Der intranasale Temperaturanstieg dagegen zeigte keine Abhängigkeit von den gewählten Klimaeinstellungen während der Kurzzeitexposition.

Ähnlich wurde bei der Arbeit von K. Liener et al²⁴ verfahren. Auch hier wurde wieder mit Thermosonden gemessen. Ergebnis war, dass beim Einatmen von kalt/trockener Luft über eine Nasenmaske, die Temperatur der Mucosa sank und bei warm/feuchter Einatemluft die Nasenmucosatemperatur anstieg. Daraus wurde geschlossen, dass die Temperaturwechsel vom nasalen Druckwechsel und nasalen Luftstrom abhängen.

Auch mit den Klimata warm und kalt arbeitet der Versuch von *G.R. Lundqvist et al*²⁵; hierbei wurden jedoch die Klimata nicht allein über die Nase angeboten; die Probanden wurden mit dem ganzen Körper in einem Bad den Temperaturveränderung ausgesetzt.

Kaltes Badewasser brachte die Nasenschleimhaut zum Anschwellen, warmes Wasser zum Abschwellen. Zur Messung wurde die akustische Rhinomanometrie verwendet, jedoch kein MRT.

Unsere Studie ist dadurch gekennzeichnet, dass auf der einen Seite mit Schlauchsystemen und Atemmaske eine präzisere Zuleitung der Atemluft gewährleistet werden konnte, auf der anderen Seite lässt die Magnetresonanztomographie eine räumliche Auswertung der dynamischen Änderungen zu.

²⁴ Liener et al (2001) Acta Otolaryngol. 123(7): 851- 856

²⁵ Lundqvist et al (1993) Acta Otolaryngol. 113(6): 783- 788

3.1.2 Reaktion der Nasenschleimhaut auf die unterschiedlichen Klimata.

Eine weitere Frage war, wie sich die Muscheln bei den verschiedenen Luftklimata verhalten und ob es bestimmte Strukturen der Nase gibt, die besonders stark oder schwach anschwellen. In den Auswertungen ist zu erkennen, dass die größte Dynamik in den Nasenmuscheln und an der Mucosa des Septums stattfindet. Beim Klima kalt/trocken schwellen die Muscheln an und das Nasenlumen nimmt somit ab, bei warm/feuchter Luft dagegen schwellen die Muscheln ab und das Lumen nimmt zu.

Ein höchst interessanter weiterer Befund, weil bislang noch nicht bekannt war, dass die Mucosa des Septums sich tendenziell bei einigen Probanden wider erwartend entgegengesetzt verhält: Während die Muscheln bei Kälte anschwellen, nimmt die Dicke der Septummucosa ab, bei Wärme nimmt die Breite zu, wobei die Muscheln abschwellen.

Kommt hier ein Regelmechanismus zum Tragen, der die Nase dadurch heizt aber gleichzeitig die Luftzufuhr sichert/ erhält?

Anwendung von warm/feuchter Luft ist ein Grundprinzip der Inhalationstherapie in der HNO-Heilkunde. Unsere Studie bestätigt die Sinnhaftigkeit dieses Vorgehens. Man sollte sich aber nicht wundern, wenn gelegentlich kompensatorisch eine Schwellung der Septumschleimhaut auftritt.

Insgesamt zeigen sich in der Dynamik keine nennenswerten Unterschiede zwischen unteren und mittleren Nasenmuscheln. Tendenziell reagieren die unteren Muscheln jedoch etwas deutlicher im Anschwellen unter kalt/trockener Luft, während die mittleren eher mehr abschwellen beim Klima warm/feucht.

Die Septumschleimhaut auf Höhe der unteren Muschel reagierte tendenziell mehr als die auf Höhe der mittleren Muscheln.

Die MRT-Bilder der Ausgangszustände (unter Raumluftbedingungen) bestätigen ebenfalls – wenn auch auf zahlenmäßigen sehr viel kleinerem Niveau – eine Variationsbreite, wie sie nach den Ergebnissen der Bibliothek (A) zu erwarten war.

Auch die Literatur enthält einige Angaben²⁶ zu den Nasengängen bzw. Nasenmuscheln. So wird beschrieben, dass der mittlere Nasenkanal/-muschel eine kleinere Rolle im nasalen Widerstand spielt, dafür aber wichtig für die Anfeuchtung und Erwärmung der eingeatmeten Luft sei. Überdies dient er dem Schutz des mittleren Nasengangs vor turbulenter Strömung und der Unterstützung der mucoziliären Reinigung. Dagegen soll die nasale Klappenregion und die untere Muschel eine größere Rolle beim nasalen Widerstand spielen.²⁷ Deswegen ist die untere Muschel aufgrund Nasenatmungsbehinderungen durch Hypertrophie für die Nasenchirurgie eine wichtige Region.²⁸

Weiter wurde festgestellt, dass die Durchblutung der Nasenschleimhaut und die Luftdurchgängigkeit nach Exposition kalter Umgebungsluft verringert ist.²⁹

Dies würde die These dieser Arbeit unterstützen, dass die Muscheln bei kalter Luft anschwellen und somit sich das Lumen der Nase verkleinert und weniger Luft passieren kann. Es bleibt die Frage offen, ob die Durchblutung im Septumbereich bei kalter Atemluft geringer wird (Kompensation der Atemluftmenge?).

Auch die Beobachtung der Untersuchung von Laine MT et al³⁰, dass die Atmung kalter Luft zu einer Nasenquerschnittsverengung führt, unterstreicht die oben getroffenen Aussagen.

²⁶ Keck et al (2000) *Rhinology* 38: 167- 171

Keck et al (2003) *Laryngo-Rhino-Otol.* 82:289 ff,

Courtiss et al (1983) *Plast Reconstr Surg* 72: 9 ff,

Haight et al (1983) *Laryngoscope* 93: 49 ff,

Principato *Laryngoscope* (1979) 89: 619 ff,

Liener et al (2003) *Acta Otolaryngol* 123: 851 ff,

Lindemann et al (2005) *Rhinology* 43: 24 ff,

Mlynski et al (2001) *Rhinology* 39: 197 ff

²⁷ Courtiss et al (1983) *Plast Reconstr. Surg* 72: 9- 19

Haight et al (1983) *Laryngoscope* 93(1): 49- 55

Lindemann et al (2002) *Rhinology* 40: 92- 94

²⁸ Lindemann et al (2002a) *Laryngoscop* 112: 2062 ff

²⁹ Olsson et al (1994) *Ann Otol Rhinol Laryngol* 94: 153- 155

³⁰ Laine et al (1994) *Am J Orthod Dentofacial Orthopedics* 105(3): 265- 269

Insgesamt bestehen in der Literatur über die Wirkung von Temperaturänderungen der Inspirationsluft auf die Nasenschleimhaut kontroverse Meinungen. Einige Autoren beschreiben eine generelle nasale Obstruktion als Folge einer Gefäßdilatation in der Wärme³¹. In anderen Veröffentlichungen wird über die Anschwellung der Nasenschleimhaut berichtet³². Bei dieser Arbeit konnten auch lediglich Tendenzen festgestellt werden; dies kann unterschiedliche Ursachen haben:

Zum einen kann dies mit dem „nasalen Zyklus“ zusammenhängen; hierbei kommt es zu einem beständigen An- und Abschwollen der Nasenschleimhaut. Dieses Phänomen wurde im späten 19. Jahrhundert von einem deutschen Rhinologen namens Kayser beschrieben³³. Dieser „nasale Zyklus“ kann in dem Maße Einfluss auf die Messergebnisse nehmen, dass sich die Nasenmukosa einer Seite in der Arbeitsphase befindet und somit bereits maximal bzw. submaximal ab- bzw. angeschwollen ist, so dass keine weitere An- bzw. Anschwellung mehr möglich ist³⁴. Der „nasale Zyklus“³⁵ ist ein Wechsel zwischen Blutandrang und Blutabfluss in den Nasenmuscheln, welche ausreichend ist, um eine Widerstandsänderung³⁶ von 20% oder mehr in zwei aufeinander folgenden Kalkulationen zu erreichen³⁷. Zwar kann laut *Enzmann H. et al*³⁸ für die Beurteilung der Mittelwerte der Nasenzyklus außer Acht gelassen werden, aber erst ab einer Probandenzahl von 30, da hierbei angeblich die Schwankungen, die durch den Zyklus hervorgerufen werden, im Mittelwert keine wesentlichen Veränderungen mehr ausmachen.

³¹ Drettner (1961) Acta Otolaryngol Suppl 161: 1 ff;

Ralston et al (1945) Am J Physiol 144: 305- 310;

Salmann et al (1971) Ann Otol Rhinol Laryngol 80: 736- 743

³² Gammert et al (1990) 13th Congress European Rhinologic Society;

Olsson et al (1885) Ann Otol Rhinol Laryngol 94: 153- 155,

Simon et al (1980) Laryngol Rhinol Otol 59: 808- 819

³³ Kayser (1895) Arch Laryngol. 3: 101 ff

³⁴ Flanagan et al (1997) Acta Otolaryngol 117: 590 ff

³⁵ Definiert als Term der Rhinomanometrie

³⁶ verglichen eine Seite mit der anderen.

³⁷ Hasegawa et al (1977) Mayo Clin Proc 52: 28- 34

³⁸ Enzmann et al (1989) HNO 37: 203 ff

Ob diese Aussage stimmig ist, konnte nicht beurteilt werden, da unsere Studie lediglich über eine Probandenzahl von 19 Freiwilligen verfügt.

Zum anderen besteht die Möglichkeit, dass vor allem bei den warmen Klimata ein zu geringer zeitlicher Abstand zu den kalten Klimata eingehalten wurde. Daraus würde resultieren, dass die Muscheln bzw. die Schwellgewebe verglichen mit ihrem Raumluftzustand noch angeschwollen waren, und somit der Abschwellvorgang nicht von dem Ausgangszustand „Raumluft“ startet, sondern vom angeschwollenen Zustand nach Kaltluftexposition.

Mit dieser Annahme würde sich auch erklären, warum die Messwerte bei warmer Einatemluft teilweise noch im Bereich der Kaltluftmesswerte liegen, d.h. im Vergleich zur Raumluft im angeschwollenen Zustand sind, jedoch eine Tendenz zum Abschwollen zeigen. Diese Tendenz ist bei den Kaltluftmesswerten nicht zu finden.

Es wäre somit möglich, dass die Messergebnisse bei warmer Einatemluft, nach längerer Raumluftexposition zwischen den Klimata kalt und warm, eindeutiger ausgefallen wären. Auf der anderen Seite wären die Ergebnisse deutlicher ausgefallen bei stärkeren Temperaturunterschieden. Dies war mit unseren methodischen Mitteln nur schwer darstellbar und wurde von den Probanden zudem zum Teil nicht toleriert.

Überdies können Temperatur-Differenzen nicht bei der Temperaturerzeugung und -angebot ausgeschlossen werden, da die erzeugte Luft eine längere Strecke zurücklegen muss; die Instrumente dürfen, zum Teil aufgrund ihres Metallgehalts, nicht in den MRT-Raum gelangen. Es könnte jedoch auch ein Mess-Strategiefehler vorliegen: Der Ort des Messpunktes im Magnetresonanztomographie-Schichtbild erlaubt nur die Aussage über eine Ebene, aber nicht über andere vielleicht relevante Ebenen. Eventuell wären die Ergebnisse in einer anderen Schicht klarer ausgefallen.

3.1.3 Subjektives Empfinden nach Exposition der unterschiedlichen Klimata.

Interessant ist auch, dass die Probanden über unterschiedliche Empfindungen während der Applikation der temperierten Luft berichten. Die meisten erzählten, dass sie laut subjektiver Empfindung das warm/feuchte Klima als unangenehmer empfanden. Sie hatten das Gefühl, weniger Luft durch die Nase einatmen zu können so, als ob man stark erkältet wäre, obwohl die Auswertungen zeigen, dass die Muscheln bei diesem Klima fast immer abschwollen. Ein Proband (15) empfand die Kombination aus warm/feuchter Einatemluft und der relativen Enge der MRT-Röhre als sehr beklemmend und unangenehm.

Nur wenige Probanden (ein bis zwei) empfanden das kalt/trockene Klima als störend. Alle jedoch hatten das Gefühl während dieser Applikation besser Luft durch die Nase zu bekommen. Auch hier zeigt sich eine Diskrepanz zwischen dem subjektivem Empfinden und den letztendlich am MRT ermittelten Messdaten; es kommt bei kalt/trockener Luft nämlich zu einem Anschwellen vor allem des Muschelgewebes und somit zu einer Abnahme des Nasenvolumens. Daraus folgt, dass nach diesen Auswertungen eigentlich eine Verschlechterung der Nasenatmung hätte wahrgenommen werden müssen.

Hierbei zeigt sich schon, wie unterschiedlich die subjektive Empfindung ist; noch mehr zeigt sich dies in den weiteren Auswertungen: nach jeder Messung wurden die Probanden zu ihrem subjektiven Empfinden befragt und dieses wurde mit den Auswertungen der anderen Messmethoden verglichen. Hierfür wurden die in Kapitel 2 bereits beschriebenen Korrelationen zwischen den unterschiedlichen Messmethoden errechnet.

Vergleicht man nun die Ergebnisse zwischen dem MRT und der subjektiven Empfindung, bedeutet eine positive Korrelation, dass beide Werte in die gleiche Richtung tendieren.

Bei dem Messpunkt a1 kalt/trocken handelt es sich um den Abstand zwischen Kieferwandschleimhaut und untere Muschel, beides auf der rechten Seite. Wie man den Tabellen entnehmen kann besteht eine positive Korrelation an diesem Punkt zwischen der MRT-Messung und der subjektiven Empfindung. Dies bedeutet, wenn der angesprochene Abstand im MRT größer wird, steigt der Score bei der Empfindung ebenfalls. Ein größerer Abstand hingegen bedeutet, dass in der Nase des Probanden ein höherer Luftstrom (aufgrund eines größeren freien Lumens), möglich ist und er somit besser Luft bekommen müsste. Ein hoher Empfindungsscore jedoch sagt aus, dass genau das Gegenteil der Fall ist. Der Score von eins bedeutet, der Proband bekommt ungehindert Luft, ein Score von zehn besagt, dass kaum Atmung durch die Nase möglich ist.

Werden die Werte beide dagegen kleiner, nimmt der freie Querschnitt der Nase ab, die Luftströmung wird verringert und der Proband bekommt schlechter Luft. Das Absinken des Scorewertes dagegen bedeutet, dass ungehindert durch die Nase geatmet werden kann.

Hier führt eine positive Korrelation also zu Widersprüchen. Dies gilt bei allen positiven Korrelationen im Vergleich MRT und subjektive Empfindung für alle Abstandsmesspunkte.

Um eine Übereinstimmung der Aussagen der beiden Messmethoden zu bekommen, müsste eine negative Korrelation an diesem Messpunkt vorliegen. Korrelieren MRT und subjektives Empfinden dort negativ miteinander, verhalten sich die Werte gegenläufig. Dies wäre der Fall, wenn zum Beispiel, der im MRT-Bild gemessene Abstand größer wird und der Empfindungsscore abfallen würde, wie dies bei dem Punkt c1 (Abstand untere Muschel-Septumschleimhaut rechts) der Fall ist.

Insgesamt liegt dies nur bei vier von siebzehn Korrelationsberechnungen vor.

Anders stellt sich dies bei der Breite der Nasenmuschel und des Septums inklusive seiner Schleimhäute dar: Der Messpunkt b1 stellt die Breite der unteren rechten Muschel dar und zeigt beim Klima kalt/trocken eine positive Korrelation zwischen MRT-Messung und subjektiver Empfindung. Positiv bedeutet wiederum, dass sich die Werte in die gleiche Richtung bewegen, dass heißt, wird die untere Muschel rechts breiter, steigt auch der Empfindungsscore und umgekehrt. Dies scheint eine stimmige Aussage zu sein, da bei Zunahme des Muschelgewebes weniger Luft den Nasengang passieren kann und somit die Probanden schlechter Luft durch die Nase atmen können. Dies spiegelt sich im hohen Empfindungsscore wieder. Gleiches gilt auch für die Breitenzunahme des Septums.

Festzuhalten ist somit, dass bei allen Messpunkten, die die Schwellung oder Schrumpfung von Mucosa enthalten(b1 - b4, sowie d1 und d3), eine positive Korrelation aufweisen müssten, um eine stimmige Aussage darzustellen. Dies war lediglich bei einer von sechs Korrelationsauswertungen der Fall.

			Untere Muschel					
			rechts					
			a1= rel.	b1= rel.	c1= rel.	d1= rel.	e1= rel.	fu= rel.
Empf.score	rechts	rel.	✓	x	x	✓	✓	✓
			a1+c1= rel.	a2= rel.	b2= rel.	c2= rel.	e2= rel.	a2+c2= rel.
Empf.score	rechts	rel.	✓					
	links	rel.		✓	x	x	✓	✓

✓ = positive Korrelation ✓ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der unteren Muschel für das Klima kalt/ trocken

		mittlere Muschel						
		rechts						
		a3=	b3=	c3=	d3=	e3=	fm=	a3+c3=
		rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Empf.score	rechts rel.	✓	x	x	x	✓	✓	✓

		links					
		a4=	b4=	c4=	e4=	g=	a4+c4=
		rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Empf.score	links rel.	✓	x	x	✓	✓	✓

✓ = positive Korrelation ✓ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der mittleren Muschel für das Klima kalt/ trocken

Gleiches gilt für das Klima warm/feucht. Bei der Messebene der unteren Muschel kommt es in drei von zwölf Fällen zu widersprüchlichen Aussagen, bei der Ebene mittlere Muschel in vier von zwölf.

Insgesamt treffen die Aussagen der Probanden hier öfter zu als bei dem Klima kalt/trocken.

		Untere Muschel					
		rechts					
		a1=	b1=	c1=	d1=	e1=	fu=
		rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Empf.score	rechts rel.	x	✓	x	x	✓	x
		links					
		a1+c1=	a2=	b2=	c2=	e2=	a2+c2=
		rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Empf.score	rechts rel.	x					
	links rel.		x	✓	x	✓	x

✓ = positive Korrelation ✓ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der unteren Muschel für das Klima warm/ feucht

			mittlere Muschel						
			rechts						
			a3=	b3=	c3=	d3=	e3=	fm=	a3+c3=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Empf.score	rechts	rel.	x	x	x	x	x	x	x

			links					
			a4=	b4=	c4=	e4=	g=	a4+c4=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Empf.score	links	rel.	x	√	√	√	√	x

√ = positive Korrelation √ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der mittleren Muschel für das Klima warm- feucht

Möglicherweise existieren besondere, abgegrenzte Areale in der Nase, die das subjektive Empfinden steuern – unabhängig vom Ausmaß des messbaren Lumens bzw. der Dicke der Schleimhaut.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Messmethode „subjektive Empfindung“ im Vergleich zur MRT-Messung sehr ungenau und fehlerbehaftet ist, im Hinblick auf die objektive Einschätzung einer evtl. bestehenden Nasenatemwegsbehinderung.

3.1.4 Rhinomanometrie nach Exposition der unterschiedlichen Klimata

Während der Rhinomanometriemessungen zeigte sich, dass die Probanden mit unterschiedlichem Engagement dabei waren, obwohl jeder immer wieder aufgefordert wurde, forciert aus- und einzuatmen.

Des Weiteren fiel auf, dass die Oliven, die zwar in unterschiedlichen Größen und Formen zur Verfügung standen, fast immer zu einer Deformation des Naseneingangs und der Nasenklappenregion führten. Dies hat nun wiederum zur Folge, dass die innere Anatomie verfälscht wird und somit auch die Messergebnisse, da die Nasenklappenregion großen Anteil an der Nasendynamik, vor allem am nasalen Widerstand, einnimmt³⁹.

³⁹ Keck et al (2003) Laryngo-Rhino-otol. 82: 289 ff,

Lindemann (2005) Rhinology 43: 24 ff,

Korreliert man nun die MRT-Ergebnisse mit denen der Rhinomanometrie am Punkt a1, erhält man bei kalt/trockener Luft keine bzw. eine negative Korrelation. Dies heißt, dass die Werte der beiden Messmethoden auseinandergehen. Wird der Abstand im MRT-Bild größer, sinkt der Rhinomanometriewert und anders herum.

Wie oben im Kapitel „Subjektive Empfindung nach der Exposition der unterschiedlichen Klimata“ schon geschrieben, kommt es bei einer Vergrößerung des Abstandes a1 zu einer Zunahme des luftdurchströmbaren Raums und somit zu einer ungehinderten Nasenatmung. Ein Abfall der Rhinomanometriewerte bedeutet, dass weniger Luft, gemessen in ml/sek., durch die Nasengänge beim Ein- bzw. Ausatmen strömt. Die Nasenatmung ist behindert.

Hier besteht ein Widerspruch, auch wenn der Abstand a1 sich verkleinert und die Rhinomanometriedaten zunehmen.

Dies gilt für alle negativen Korrelationen bei Abstandsmesspunkten (a1- a4; c1- c4; e1- e4; a1+c1; a2+ c2; a3+ c3; a4+ c4; fu und fm), wenn MRT und Rhinomanometer verglichen werden.

Kommt es dagegen zu einer positiven Korrelation, würden die Aussagen der beiden Messmethoden übereinstimmen.

Es kommen elf negative Korrelationen bei siebzehn Messungen beim Klima kalt/trocken innerhalb beider Messebenen (untere und mittlere Muschel) zustande. Beim Klima warm/feucht nur sechs von siebzehn Messungen.

Auch hier stellt sich die Frage, ob dies ein Kompensationsmechanismus darstellt: die Luft wird temperiert, aber gleichzeitig muss die Luftzufuhr erhalten bleiben?

Vergleicht man nun die Rangkorrelationsergebnisse zwischen MRT und Rhinomanometrie im Hinblick auf die an- und abschwellende Mucosa, so müssten negative Korrelationen auftreten um ein stimmiges Ergebnis zu erhalten. Beispiel hierfür ist der Messpunkt b1, der die Breite der unteren rechten Nasenmuschel darstellt. Schwillt die Muschelmucosa an, nimmt gleichzeitig der von Luft durchströmbare freie Raum ab und es kommt zu einer gestörten Nasenatmung. Somit muss der durch das Rhinomanometer gemessene Wert abfallen, da weniger Milliliter Luft in der Sekunde ein- beziehungsweise ausgeatmet werden können.

Besteht jedoch eine positive Korrelation zwischen MRT und Rhinomanometriemesswerten kommt es zu einer widersprüchlichen Aussage: Schwillt die Muschel an, müssten bei einem positiven Zusammenhang ebenfalls die Werte bei der Rhinomanometrie ansteigen, welches zur Folge hätte, dass bei wenig Raum in der Nase mehr Luft aus- oder einströmen müsste, was nicht der Fall sein kann. Dies kommt bei kalt/trockenem Klima in eins von sechs Ergebnissen vor und bei warm/feuchtem Klima in vier von sechs.

Zu den „schwellungsfähigen Messpunkten“ gehören b1- b4; d1 und d3.

Auch hier zeigt sich, dass die Rhinomanometrie dem MRT-Messverfahren scheinbar unterlegen ist.

Untere Muschel		
rechts		
a1=	b1=	c1= d1= e1= fu=
rel.	rel.	rel. rel. rel. rel.
Rhinom.score	rechts	rel. X X X X X
rechts links		
a1+c1=	a2=	b2= c2= e2= a2+c2=
rel.	rel.	rel. rel. rel. rel.
Rhinom.score	rechts	rel. X
	links	rel. X X ✓ ✓ ✓

✓ = positive Korrelation ✓ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der unteren Muschel für das Klima kalt/ trocken

mittlere Muschel		
rechts		
a3=	b3=	c3= d3= e3= fm= a3+c3=
rel.	rel.	rel. rel. rel. rel. rel.
Rhinom.score	rechts	rel. ✓ X X ✓ X X ✓
links		
a4=	b4=	c4= e4= g= a4+c4=
rel.	rel.	rel. rel. rel. rel.
Rhinom.score	links	rel. X X ✓ ✓ ✓ X

✓ = positive Korrelation ✓ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der mittleren Muschel für das Klima kalt/ trocken

			Untere Muschel					
			rechts					
Rhinom.score	rechts	rel.	a1=	b1=	c1=	d1=	e1=	fu=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
			√	X	√	√	√	√
			rechts			links		
Rhinom.score	rechts	rel.	a1+c1=	a2=	b2=	c2=	e2=	a2+c2=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
			√					
	links	rel.		X	√	√	√	X

√ = positive Korrelation √ = Widersprüchliche Aussage
 X = negative Korrelation X = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der unteren Muschel für das Klima warm/ feucht

			mittlere Muschel						
			rechts						
Rhinom.score	rechts	rel.	a3=	b3=	c3=	d3=	e3=	fm=	a3+c3=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
			X	√	X	√	√	√	X
			links						
Rhinom.score	links	rel.	a4=	b4=	c4=	e4=	g=	a4+c4=	
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	
			X	√	√	√	X	X	

√ = positive Korrelation √ = Widersprüchliche Aussage
 X = negative Korrelation X = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der mittleren Muschel für das Klima warm- feucht

3.1.5 Rhinoskopie nach Exposition der unterschiedlichen Klimata

Die Rhinoskopie stellt ein teilinvasives Diagnoseverfahren dar.

Bei diesem Untersuchungsverfahren wird ein flexibles oder starres Endoskop in die Nase eingeführt, welches zu Irritationen (selten bis hin zu Verletzungen) der Mucosa führen kann. Um die Untersuchung für den Patienten angenehmer zu gestalten, werden oft Lokalanästhetika verwandt, welche ebenfalls Einfluss auf die Nasenschleimhäute nehmen.

Außerdem stellt es kein sehr objektives Verfahren dar, da das Gesehene oft genug „im Auge des jeweiligen Betrachters liegt“. Meist reicht der unbewehrte Blick des Auges in die Nase nicht aus, um die tatsächlichen Verhältnisse in mittleren und hinteren Abschnitten mit ausreichender Sicherheit zu beurteilen.

In dieser Arbeit wurde auf Anästhetika verzichtet, und das starre Endoskop wurde nur ein kurzes Stück in den Naseneingang vorgeschoben, ohne jedoch die Nasenschleimhäute zu berühren.

Korreliert man nun die Ergebnisse der Distanzschätzungen der Rhinoskopie mit denen des MRTs, bedeutet ein positiver Zusammenhang, dass es bei Abstandsmesspunkten (a1- a4; c1- c4; e1- e4; a1+c1; a2+ c2; a3+ c3; a4+ c4; fu und fm) zu einer Zunahme des luftdurchströmenden Raumes kommt und damit zu einer Verbesserung der Nasenatmung. Gleichzeitig muss bei einer positiven Korrelation ein höherer Score bei der Bewertung der Dicke der Muschel vorliegen, welcher jedoch eine Verringerung des freien Raumes angibt (hierzu siehe „Bildliche Skala“ auf S. 146). Dies bedeutet, dass sich die Nasenatmung verschlechtert und damit die Aussage widersprüchlich ist. Dies liegt bei zwölf Messungen von siebzehn vor beim Klima kalt/trocken und bei sieben von siebzehn bei warm/feucht.

Ebenso gilt dies für die obere und untere Muschel für beide Klimata.

Bei den Schwellgewebe-Messpunkten führt eine positive Korrelation zu einer stimmigen Aussage; kommt es zum Anschwellen der Muschel, wird das Nasenlumen reduziert und weniger Luft kann in oder aus der Nase strömen. Das Gleiche sagt ein steigender Rhinoskopiescore aus. Schwellgewebmesspunkte sind b1- b4, d1 und d3.

Insgesamt kommt es bei den Schwellgeweben zu drei widersprüchlichen Aussagen bei sechs Messungen beim Klima kalt/trocken und zu zwei von sechs Messungen beim Klima warm/feucht.

			Untere Muschel					
			rechts					
			a1=	b1=	c1=	d1=	e1=	fu=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Endoskop.score	rechts	rel.	x	x	✓	✓	✓	✓
			rechts		links			
			a1+c1=	a2=	b2=	c2=	e2=	a2+c2=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
Endoskop.score	rechts	rel.	✓					
	links	rel.						
				✓	✓	✓	x	✓

✓ = positive Korrelation

x = negative Korrelation

✓ = Widersprüchliche Aussage

x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der unteren Muschel für das Klima kalt/ trocken

mittlere Muschel							
rechts							
a3=	b3=	c3=	d3=	e3=	fm=	a3+c3=	
rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	
Endoskop.score	rechts	rel.	X	✓	X	X	X

links						
a4=	b4=	c4=	e4=	g=	a4+c4=	
rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	
Endoskop.score	links	rel.	✓	X	✓	X

✓ = positive Korrelation

X = negative Korrelation

✓ = Widersprüchliche Aussage

X = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der mittleren Muschel für das Klima kalt/ trocken

			Untere Muschel					
			rechts					
Endoskop.score	rechts	rel.	a1=	b1=	c1=	d1=	e1=	fu=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
			✓	x	✓	✓	✓	x
			rechts links					
Endoskop.score	rechts	rel.	a1+c1=	a2=	b2=	c2=	e2=	a2+c2=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
			✓					
	links	rel.		x	✓	x	✓	x

✓ = positive Korrelation ✓ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der unteren Muschel für das Klima warm/ feucht

			mittlere Muschel						
			rechts						
Endoskop.score	rechts	rel.	a3=	b3=	c3=	d3=	e3=	fm=	a3+c3=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
			x	✓	x	x	x	✓	x

			links					
Endoskop.score	links	rel.	a4=	b4=	c4=	e4=	g=	a4+c4=
			rel.	rel.	rel.	rel.	rel.	rel.
			x	✓	x	✓	x	x

✓ = positive Korrelation ✓ = Widersprüchliche Aussage
 x = negative Korrelation x = Widersprüchliche Aussage

Korrelationstabelle der mittleren Muschel für das Klima warm- feucht

Anhand der Tabellen erkennt man jedoch auch, dass mehr falsche Zusammenhänge bei dem Klima kalt/trocken (fünfzehn zu vierundzwanzig), als bei warm/feucht (acht zu vierundzwanzig) verzeichnet sind.

4. Überblick über die Dynamik

4.1 Probanden, Material und Methoden

In Folgearbeiten sollte darauf geachtet werden, dass das Probandenkollektiv größer und vielleicht auch vielfältiger gewählt wird in Hinsicht auf zum Beispiel Alter, Geschlecht.

Bei den Materialien wäre es natürlich ein großer Fortschritt, wenn man lange „Zuleitungswege“ vermeiden könnte und somit ein noch konstanteres Luftklima erzeugen kann. Dies war nicht möglich, da die verwendeten Geräte und Materialien zum Teil metallhaltig sind und somit nicht in dem MRT-Raum gelangen durften.

Des Weiteren wäre es von Nutzen, wenn die Temperaturen ausgeprägter angewandt werden könnten; abhängig natürlich von der Toleranz der Probanden.

Eine weitere stark nutzbringende Verbesserung wären dünner gefahrene MRT-Schichtdicken, damit nicht zu „große“ Sprünge in den Aufzeichnungen entstehen.

Im Großen und Ganzen war der Versuchsablauf gut umzusetzen und brachte verwertbare Ergebnisse.

4.2 Ergebnisse

Die Bilder von der dynamischen Untersuchung waren alle gut vermessbar, ebenso wie die CT-Bilder der Bibliothek, wobei hierbei einige aufgrund von Artefakten, wie zum Beispiel durch Zahnfüllungen ausgelöst, ausgelassen werden mussten.

Es gab selbst für nicht erfahrene Personen keine großen Probleme, die Bilder zu vermessen. Für die dynamischen Messungen wurden die Probanden unterschiedlichen Luftklimata ausgesetzt. Die ersten vier Versuchsteilnehmer bekamen insgesamt fünf Klimata über die Nase zugeführt: Raumluft, kalt/trocken, kalt/feucht, warm/trocken und warm/feucht.

Den darauf folgenden sechzehn Probanden wurden nur noch drei Klimata zugeführt: Raumluft, kalt/trocken und warm/feucht.

Diese Reduktion der Klimata konnte vorgenommen werden, da in den ersten vier Ausmessungen die kalt/trockene Luft und die warm/feuchte tendenziell stärkere Reaktionen der dynamischen Schwellgewebe der Nase auslösten, als die anderen beiden. Die Raumluft

wurde immer als Referenzwert beibehalten.

In der Literatur zeigt sich, dass es noch keine einheitliche Meinung über das Verhalten der Schwellgewebe der Nase aufgrund klimatischer Luftreize gibt⁴⁰. Einige Arbeiten, die sich mit ähnlichem Sachverhalt auseinandersetzten, kamen zu gleichen Ergebnissen und zwar, dass die Nasenmukosa, vor allem die der Nasenmuscheln, bei Kälte anschwellen und bei Wärme abschwellen. Dies wurde mittels unterschiedlicher Versuchsabläufe aufgezeigt, aber keiner glich denen dieser Arbeit. Auch die Messverfahren waren meist andere⁴¹.

Wie bereits im Kapitel „Ergebnisse“ beschrieben, zeigten sich meist „nur“ Tendenzen, dies kann mehrere Gründe haben:

Zum einen besteht die Möglichkeit, dass sich die Nasenmukosa im sogenannten „nasalen Zyklus“ befindet. Innerhalb dieses Zyklus kann sie maximal angeschwollen oder abgeschwollen sein und somit besteht kein Spielraum mehr auf die jeweiligen Temperaturen angemessen zu reagieren.

Zum anderen kann es möglich sein, dass zwischen den beiden Klimata kalt/trocken und

⁴⁰ Drettner (1961) Acta Otolaryngol 166: 1 ff

Ralston et al (1945) Am J Physiol 144: 305 ff

Salmann et al (1971) Ann Otol Rhinol Laryngol 80: 736 ff

Olsson et al (1985) Ann Otol Rhinol Laryngol 94: 153 ff

Gammert et al (1990) 13th Congress European Rhinologic Society

Simon (1980) Laryngol Rhinol otol 59: 808 ff

Strohl et al (1992) The American Physiological Society

Strohl et al (1992) Journal Appl Physiol 72: 1243 ff

Liener et al (2003) Acta Otolaryngol 123: 851 ff

⁴¹ Keck et al (2000) The American Laryngological

Olsson et al (1985) Acta Otolaryngol 99: 133 ff

Schwarz (1998) HNO 46: 519 ff

Webber et al (1987) Journal of Computer Assisted Tomographie 11(5): 869 ff

Lindemann et al (2005) Rhinology 43: 24 ff

Keck et al (2001) HNO 49: 372 ff

Liener et al (2003) Acta Otolaryngol 123: 851 ff

Lundquist et al (1993) Acta Otolaryngol 113: 783 ff

Laine et al (1994) American Journal of Orthodontics and Dentofaciale Orthopedics Vol 105 No 3: 265 ff

Hardcastle et al (1988) Clin. Otolaryngol. 13: 381 ff

warm/feucht ein zu geringer zeitlicher Abstand gewählt wurde und somit die Schleimhäute und Schwellgewebe keine Zeit mehr hatten, sich auf Raumluftniveau zu akklimatisieren. Somit traf das Klima warm/feucht noch auf den „angeschwollenen Zustand der Kaltluft“. Dies würde erklären, warum die Messergebnisse bei warm/trocken sich meist noch im angeschwollenen Niveau befanden, jedoch eine sinkende Tendenz aufgewiesen.

Des Weiteren besteht natürlich die Möglichkeit eines Mess-Strategiefehlers, das bedeutet, dass der Ort der Messpunkte nur eine Aussage über eine Ebene erlaubt, aber nicht über andere eventuell relevante Ebenen.

Über dies hinaus könnte auch eine rein methodisch bedingte Temperaturdifferenz vorliegen, da die erzeugte Luft einen längeren Weg über Beatmungsschläuche hin zum Probanden geleitet werden musste und die selber konstruierten „Geräte“ evtl. nicht die Konstanz, in der Erzeugung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit, aufweisen, wie „professionelle“ Geräte.

Vielleicht hätten die Klimata stärker temperiert werden müssen, um einheitlich eindeutige Ergebnisse zu erhalten.

Trotzdem konnte in dieser Arbeit ein neues Phänomen aufgezeigt werden, welches bislang in der Literatur noch nicht beschrieben wird: bei einigen Probanden zeigt sich, dass sich die Septumschleimhaut zum Teil entgegengesetzt der Erwartungen verhält. Bei warmen Klima nimmt sie an Breite zu, obwohl die Muscheln abschwellen und bei kalten Klima nimmt sie an Breite ab, während die Muscheln anschwellen. Wir vermuten, dass dieses Phänomen Folge einer „Gegenregulation“ benachbarter Schleimhautareale ist (z.B. am Septum).

Neben dem MRT-Gerät wurden noch die Messmethoden Rhinomanometrie, Rhinoskopie und die subjektive Empfindung eingesetzt. Bei der Rhinoskopie und dem subjektivem Empfinden handelt es sich um Scores, die ohne Einheiten „willkürlich“ gesetzt wurden. Bei der Rhinomanometrie handelt es sich um die anteriore Rhinomanometrie. Es erfolgten jeweils drei aufeinanderfolgende Messungen, für rechte und linke Nasenhälfte getrennt, woraus die Summe ermittelt wurde. Die Einheit beträgt ml/ sek.

Nach statistischer Auswertung der einzelnen Messmethoden im Vergleich zum MRT mittels Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman zeigt sich das bildgebende Verfahren als sehr zuverlässig. Hierbei handelt es sich um ein unbestechliches Verfahren, welches zusätzlich noch Informationen über die räumlichen Verhältnisse gibt. Ein Nachteil in dieser Arbeit waren die zu dick gefahrenen Schichten im MRT, die in Folgearbeiten möglichst gering gehalten werden sollten. Außerdem ist der bisherige Aufwand an Zeit und Kosten noch ein Nachteil dieser Methode.

Jedoch liegt in dieser Zuverlässigkeit der Magnetresonanztomographie ein enormes Potential für die Zukunft: Darstellung räumlicher Verhältnisse in kleinsten Schichtdicken und virtuelle Strömungsvisualisierung als Grundlage für eine computergestützte strategische Strömungsoptimierung.

Appendix

Ein- und Ausschlusskriterien dieser Studie:

Einschlusskriterien:

- erwachsene freiwillige Probanden,
- allgemeine MRT- Tauglichkeit,

Ausschlusskriterien:

- Voroperation der Nase,
- akute oder chronische Entzündung der Nase,
- Nasenflügelkollaps,
- Klaustrophobie,
- metallische Fremdkörper
- Schwangerschaft,
- Stillzeit,
- Herzschrittmacherträger,
- Innenohrimplantat,
- Insulinpumpe,
- implantierter Defibrillator,
- schwere Herz-Kreislauf- Erkrankungen (z.B. koronare Herzkrankheit, Hypertonie),
- Phäochromozytom,
- Stoffwechselstörungen (z.B. Hypertyreose, Diabetes mellitus II)
- Einnahme gefäßwirksamer, stimmungsaufhellender oder antiallergischer Medikamente.

Einverständniserklärung zur Studie

Leitung der Untersuchungen:

Prof. Dr. med. Jürgen Lamprecht
Leitender Arzt der
Klinik für Hals- Nasen- Ohren- Heilkunde

Alfried- Krupp- Krankenhaus
Alfried- Krupp- Str. 21
45117 Essen
Tel.: 0201- 4342562
Fax: 0201- 4342370

Dr. med. Michael Montag
Abteilungsarzt der
Klinik für Radiologie und Neuro-
radiologie
Alfried- Krupp- Krankenhaus
Alfried- Krupp- Str. 21
45117 Essen
Tel.: 0201- 4342553
Fax: 0201- 4342375

Name, Vorname, Geburtsdatum des Studienteilnehmers/ der –teilnehmerin

Ich bin durch den Prüfarzt über Zweck, Ablauf, Bedeutung der Studie und alle Vorteile und Risiken, die damit verbunden sein können, aufgeklärt worden. Die schriftliche Probandeninformation habe ich gelesen und verstanden. Alle meine Fragen sind zu meiner Zufriedenheit beantwortet worden. Ich hatte genug Zeit, um meine Entscheidung zur Studienteilnahme zu überdenken und frei zu treffen.

Hiermit willige ich freiwillig ein, an dieser Studie teilzunehmen und die Anordnung des Prüfarztes zu befolgen. Ich habe meinen Prüfarzt über alle meine früheren oder derzeitigen Erkrankungen und über die Medikamente, die ich zurzeit einnehme, unterrichtet.

Ich weiß, dass meine Teilnahme an der Studie freiwillig ist und ich jederzeit diese Einverständniserklärung ohne Angaben von Gründen widerrufen kann und dass eine Beendigung meiner Teilnahme an dieser Prüfung keinen Einfluss auf die weitere ärztliche Behandlung hat.

Ich bin darüber informiert, dass das Vorgehen in der vorliegenden Studie durch die Ethikkommission des Universitätsklinikums Essen geprüft und positiv bewertet wurde.

Eine Kopie der Patienteninformation, der Einverständniserklärung sowie der allgemeinen Versicherungsbedingungen habe ich erhalten.

Einwilligung zum Datenschutz

Bei wissenschaftlichen Studien werden persönliche Daten und medizinische Befunde über Sie erhoben. Die Erhebung, Weitergabe, Speicherung und Auswertung dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor Teilnahme an der Studie folgende freiwillige Einwilligung voraus:

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass die im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten/ Krankheitsdaten auf Fragebögen und elektronische Datenträger aufgezeichnet und in pseudonymisierter Form, d.h., ohne Namensnennung bzw. Initialen und Geburtsdaten, mit einem Nummerncode weitergegeben werden an:
 - a) die an der Studie beteiligten Institute für Produkt- Engineering sowie für Strömungsmechanik der Universität Duisburg- Essen und der Ruhr- Universität Bochum zur wissenschaftlichen Auswertung und Erstellung von Strömungsmodellen;
 - b) die zuständige(n) Überwachungsbehörde(n) (Landesamt oder Bezirksregierung), die zuständige Bundesoberbehörde (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, Bonn oder Paul- Ehrlich Institut, Langen), die zuständige Ethikkommission und die zuständigen ausländischen Behörden und europäischen Datenbanken zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie, zur Bewertung von Studienergebnissen und unerwünschter Ergebnisse oder zur Beantragung der Zulassung.

2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass ein autorisierter und zur Verschwiegenheit verpflichteter Beauftragter der zuständigen inländischen und ausländischen Überwachungs- und Zulassungsbehörde in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten Einsicht nimmt, soweit dies für die Überprüfung der Studie notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.
3. Die Einwilligung zur Erhebung und Verarbeitung der Angaben über meine Gesundheit ist unwiderruflich. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der Studie beenden kann. Im Falle dieses Widerrufs erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten ohne Namensnennung weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um
- a) sicherzustellen, dass schutzwürdige Interessen der betroffenen Person nicht beeinträchtigt werden,
 - b) der Pflicht zur Vorlage vollständiger Zulassungsunterlagen zu genügen.

Name (in Druckbuchstaben) des Studienteilnehmers/ der –teilnehmerin

Essen, den _____

Unterschrift

Name (in Druckschrift) des Prüfarztes/ der Prüfärztin

Essen, den _____

Unterschrift

Fragebogen

Bitte beantworten Sie folgende Fragen:

	Nein	Ja
1. Haben Sie Allergien z.B. Heuschnupfen, Neurodermitis, allergisches Asthma?	()	(..)
2. Rauchen Sie?	()	()
3. Sind Sie an der Nase operiert worden?	()	()
4. Sind Sie zurzeit erkältet oder macht eine bekannte Allergie zurzeit Beschwerden?	()	()
5. Haben Sie eine chronische Nasen- oder Nasennebenhöhlenerkrankung?	()	()
6. Haben Sie Medikamente, wie z.B. Nasenspray, Medikamente gegen hohen oder zu niedrigen Blutdruck, Stimmungsaufheller, eingenommen?	()	()
7. Sind bei Ihnen Herz- Kreislauf- Erkrankungen wie erhöhter Blutdruck, koronare Herzkrankheit bzw. ein erhöhter Augeninnendruck oder ein Phäochromozytom bekannt?	()	()
8. Sind bei Ihnen Stoffwechselstörungen wie z.B. Schilddrüsenüberfunktion oder Diabetes bekannt?	()	()

Bei bestimmten Personen verbietet sich der Einsatz der Kernspintomographie. Bitte beantworten sie deshalb folgende Fragen:

	Nein	Ja
9. Sind Sie Träger eines Herzschrittmachers, Innenohrimplantats, Insulinpumpe oder eines implantierten Defibrillators?	()	(..)
10. Befinden sich in Ihrem Körper Metallteile (Metallprothesen, Gefäßclips, Granatsplitter oder andere Metallsplitter)?	()	()

- | | | | |
|-----|---|-----|-----|
| 11. | Sind Sie an Herz oder Kopf operiert worden? | () | () |
| 12. | Könnten Sie schwanger sein; Stillen Sie? | () | () |
| 13. | Bestehen Verletzungen des Auges durch
Metallsplitter? | () | () |
| 14. | Leiden Sie unter erheblicher Angst in engen
Räumen (Klaustrophobie)? | () | () |

Vermeidung von Unfällen:

Legen Sie bitte vor Betreten des MRT- Untersuchungsraumes folgende Gegenstände ab:

Uhr, Brille, Ohrringe, Scheck- und Kreditkarten, Metallteile an der Kleidung, Haarspangen, Geldmünzen, Kugelschreiber, Schlüssel.

Erläuterung der dynamischen Messpunkte

Patientendaten		Messdaten mittlere Coronarschnitt	
Nasen-Nummer Geb.- Datum MRT- Datum Geschlecht IM	rechts	Höhe untere Muschel	links
	a1	Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a2
	b1	Breite Muschel	b2
	c1	Abstand Muschel - Septum	c2
	d1	Breite Septum	
	e1	Abstand laterale Kieferwand – Septum ⁴²	e2
	fu	Gesamtbreite untere Nasenhöhle ⁴³	
	A ² v	Fläche ⁴⁴	
	A ² h	Fläche ⁴⁵	
	rechts	Höhe mittlere Muschel	links
	a3	Abstand Kieferwand/Schleimhaut - Muschel	a4
	b3	Breite Muschel	b4
	c3	Abstand Muschel - Septum	c4
	d3	Breite Septum	
	e3	Abstand laterale Kieferwand - Septum	e4
	fm	Gesamtbreite mittlere Nasenhöhle	
	g	Höhe Siebbeinzellen - kaudale Nasenhöhlenbegrenzung	

⁴² Messung ab Kieferwandknochengrenze innen bis zum knöchernen Septum.

⁴³ Messung ab Kieferwandknochengrenze innen.

⁴⁴ Erstes Bild, auf dem alle vier Muscheln zu sehen sind (Orientierung an den harten Konturen).

⁴⁵ Letztes Bild, auf dem alle vier Muscheln zu sehen sind (Orientierung an den harte Konturen).

Erläuterung der Messpunkte der Bibliothek

Patientendaten	Messdaten Vestibulum nasi
Name, Vorname	A = Gesamtbreite Nasenvorhof
Geb.-Datum	B = Breite Septum, dünnste Stelle
MRT-Datum	C = Breite Septum, dickste Stelle
	D = Breite Lumen rechts
	E = Breite Lumen links
	F = Tiefe bis zur Maxilla (li Nasenhälfte)
	G = Septumpolster

Patientendaten	Messdaten Nasenhaupthöhle	
	rechts	links
Name, Vorname	a1 ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	a3
Geb.-Datum	a2 dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a4
MRT-Datum	b1 ventraler Abstand Muschel - Septum	b3
	b2 dorsaler Abstand Muschel - Septum	b4
	c1 = Dicke Septum ventral	
	c2 = Dicke Septum dorsal	
	d = Gesamtbreite NHH	
	e = Fläche NHH	

Ergebnisse Rangkorrelation nach Messpunkten

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Vestibulum nasi	Rangkorrel.
Gesamtbreite Nasenvorhof	A -A	Gesamtbreite Nasenvorhof	positiv
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- B	Breite Septum, schmalste Stelle	positiv
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- C	Breite Septum, breiteste Stelle	positiv
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- D	Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	positiv
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- E	Breite Lumen rechte Seite	positiv
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- F	Breite Lumen linke Seite	positiv
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- G	Septumpolster	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- c1	Dicke Septum ventral	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Gesamtbreite Nasenvorhof	A- e	Fläche NHH	positiv

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Vestibulum nasi	Rangkorrel.
Breite Septum, schmalste Stelle	B- B	Breite Septum, schmalste Stelle	positiv
Breite Septum, schmalste Stelle	B- C	Breite Septum, breiteste Stelle	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- D	Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- E	Breite Lumen rechte Seite	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- F	Breite Lumen linke Seite	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- G	Septumpolster	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
Breite Septum, schmalste Stelle	B- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
Breite Septum, schmalste Stelle	B- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Breite Septum, schmalste Stelle	B- c1	Dicke Septum ventral	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Breite Septum, schmalste Stelle	B- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Vestibulum nasi	Rangkorrel.
Breite Septum, breiteste Stelle	C- C	Breite Septum, breiteste Stelle	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- D	Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- E	Breite Lumen rechte Seite	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- F	Breite Lumen linke Seite	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- G	Septumpolster	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
Breite Septum, breiteste Stelle	C- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
Breite Septum, breiteste Stelle	C- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Breite Septum, breiteste Stelle	C- c1	Dicke Septum ventral	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Breite Septum, breiteste Stelle	C- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Vestibulum nasi	Rangkorrel.
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- D	Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	positiv
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- E	Breite Lumen rechte Seite	positiv
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- F	Breite Lumen linke Seite	positiv
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- G	Septumpolster	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- c1	Dicke Septum ventral	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
Tiefe bis zur Maxilla (linke Nasenhälfte)	D- e	Fläche NHH	positiv

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Vestibulum nasi	Rangkorrel.
Breite Lumen rechte Seite	E- E	Breite Lumen rechte Seite	positiv
Breite Lumen rechte Seite	E- F	Breite Lumen linke Seite	positiv
Breite Lumen rechte Seite	E- G	Septumpolster	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
Breite Lumen rechte Seite	E- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
Breite Lumen rechte Seite	E- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Breite Lumen rechte Seite	E- c1	Dicke Septum ventral	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Breite Lumen rechte Seite	E- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Vestibulum nasi	Rangkorrel.
Breite Lumen linke Seite	F- F	Breite Lumen linke Seite	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- G	Septumpolster	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
Breite Lumen linke Seite	F- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
Breite Lumen linke Seite	F- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Breite Lumen linke Seite	F- c1	Dicke Septum ventral	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Breite Lumen linke Seite	F- e	Fläche NHH	positiv

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Vestibulum nasi	Rangkorrel.
Septumpolster	G- G	Septumpolster	positiv

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
Septumpolster	G- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Septumpolster	G- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Septumpolster	G- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Septumpolster	G- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
Septumpolster	G- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Septumpolster	G- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
Septumpolster	G- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
Septumpolster	G- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Vestibulum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Septumpolster	G- c1	Dicke Septum ventral	negativ
Septumpolster	G- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
Septumpolster	G- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Septumpolster	G- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
ventraler Abstand Kieferwand- Muschel	a1- a1	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
ventraler Abstand Kieferwand- Muschel	a1- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
ventraler Abstand Kieferwand- Muschel	a1- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	positiv
ventraler Abstand Kieferwand- Muschel	a1- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	positiv

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- c1	Dicke Septum ventral	negativ
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- d	Gesamtbreite NHH	negativ
ventraler Abstand Kieferwand-Muschel	a1- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- a2	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	positiv
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- c1	Dicke Septum ventral	negativ
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- d	Gesamtbreite NHH	negativ
dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	a2- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi rechts	Rangkorrel.
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- b1	ventraler Abstand Muschel - Septum	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	positiv

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- c1	Dicke Septum ventral	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- d	Gesamtbreite NHH	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b1- e	Fläche NHH	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b2- b2	dorsaler Abstand Muschel - Septum	positiv

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	positiv

Messpunkt Cavum nasi rechts	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- c1	Dicke Septum ventral	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- d	Gesamtbreite NHH	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b2- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Cavum nasi links	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- a3	ventraler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	positiv

Messpunkt Cavum nasi links	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- c1	Dicke Septum ventral	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- d	Gesamtbreite NHH	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	a3- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Cavum nasi links	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
dorsal Abstand Muschel - Septum	a4- a4	dorsaler Abstand Kieferwand - Muschel	positiv
dorsal Abstand Muschel - Septum	a4- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	a4- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	negativ

Messpunkt Cavum nasi links	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
dorsal Abstand Muschel - Septum	a4- c1	Dicke Septum ventral	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	a4- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	a4- d	Gesamtbreite NHH	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	a4- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Cavum nasi links	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
ventraler Abstand Muschel - Septum	b3- b3	ventraler Abstand Muschel - Septum	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	b3- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	positiv
ventraler Abstand Muschel - Septum	b3- c1	Dicke Septum ventral	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b3- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b3- d	Gesamtbreite NHH	negativ
ventraler Abstand Muschel - Septum	b3- e	Fläche NHH	negativ

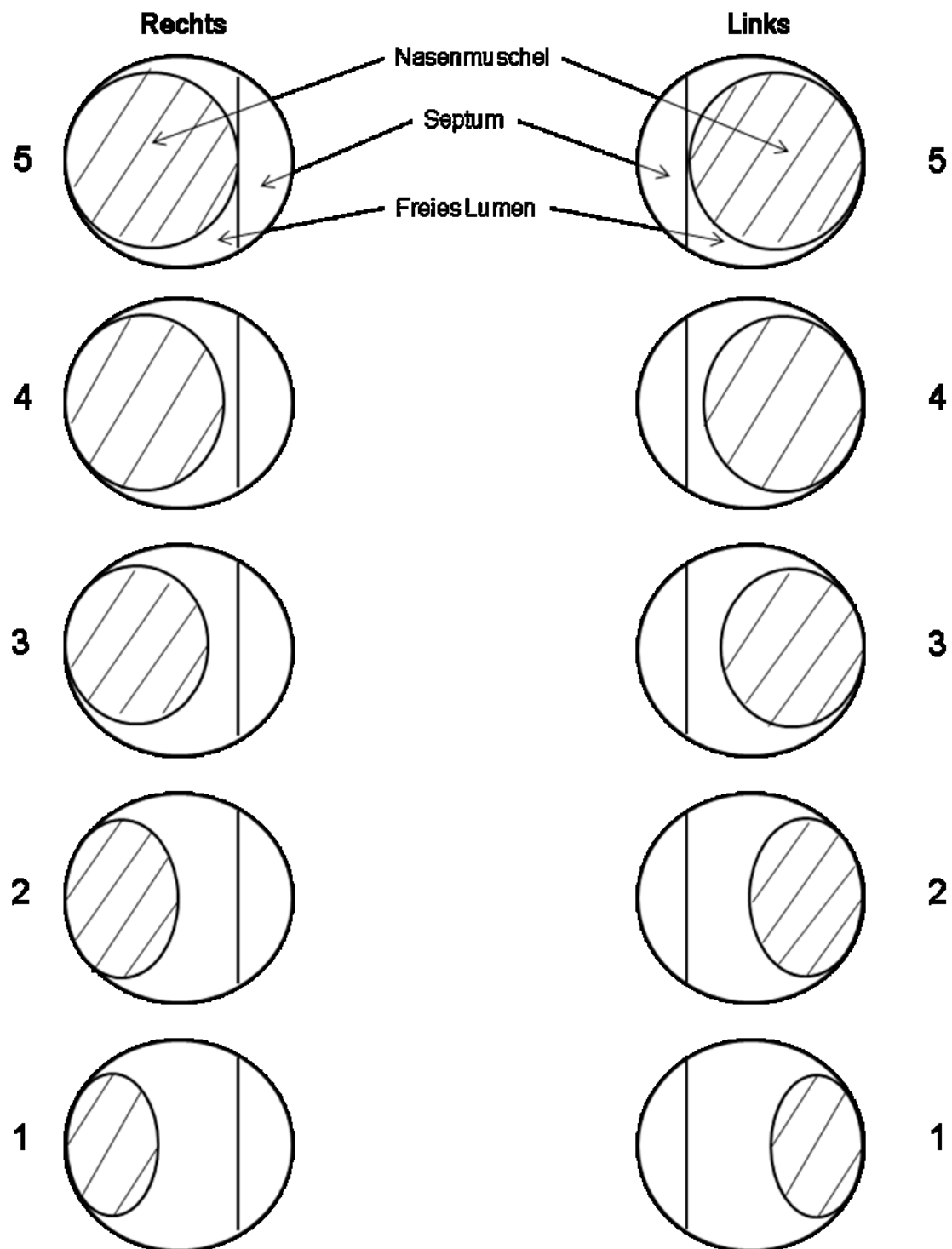
Messpunkt Cavum nasi links	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi links	Rangkorrel.
dorsal Abstand Muschel - Septum	b4- b4	dorsaler Abstand Muschel - Septum	positiv

Messpunkt Cavum nasi links	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
dorsal Abstand Muschel - Septum	b4- c1	Dicke Septum ventral	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b4- c2	Dicke Septum dorsal	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b4- d	Gesamtbreite NHH	negativ
dorsal Abstand Muschel - Septum	b4- e	Fläche NHH	negativ

Messpunkt Cavum nasi	Abkürzung	Messpunkt Cavum nasi	Rangkorrel.
Dicke Septum ventral	c1- c1	Dicke Septum ventral	positiv
Dicke Septum ventral	c1- c2	Dicke Septum dorsal	positiv
Dicke Septum ventral	c1- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Dicke Septum ventral	c1- e	Fläche NHH	negativ
Dicke Septum dorsal	c2- c2	Dicke Septum dorsal	positiv
Dicke Septum dorsal	c2- d	Gesamtbreite NHH	negativ
Dicke Septum dorsal	c2- e	Fläche NHH	negativ
Gesamtbreite NHH	d- d	Gesamtbreite NHH	positiv
Gesamtbreite NHH	d- e	Fläche NHH	positiv
Fläche NHH	e- e	Fläche NHH	positiv

Bildliche Skala zur Erhebung der Schwellungszustände der Muscheln bei der Endoskopie

Schematischer Ausschnitt aus dem rechten und linken Nasenvorhof



Literaturverzeichnis

- Andersen I.B., Lundquist G.R., Proctor D.F. (1973): "Human perception of humidity under four controlled conditions.", Arch Environ Health 26: 22- 27
- Assanasen P., Baroody F.M., Rouadi P., Naureckas E., Solwy J., Nalcerio R.M. (2000): "Ipratropium bromide increases the ability of the nose to warm and humidify air." Crit Care Med 162: 1031- 1037
- Bachmann W. (1982): "Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung. Einführung in die Rhinomanometrie." Springer- Verlag
- Bachmann W., Nieder T. (1978): "Der klinische Wert der Rhinomanometrie." Laryngol Rhinol 57: 379- 383
- Bachmann W. (1982): "Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung", Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 13-15 / 24- 28
- Bachmann W, Lengler (1972): "Studies on the structure and function of the anterior section of the nose by means of luminal impressions", Acta. Otolaryngol. Stockh.
- Bachmann W., Nieder Th. (1978): "Der klinische Wert der Rhinomanometrie", Laryngol. Rhinol. 57: 379- 383
- Bende M. (1983): "The effect of topical decongestant on blood flow in normal and infected nasal mucosa", Acta otolaryngol. Stockh. 96 523- 527
- Bende M., Andersson K.E., Johansson C.J., Sjogren C.; Svensson G. (1985): "Vaskular effects of phenylpropanolamine on human nasal mucosa", Rhinology. 23: 43- 48
- Bernhard A., Ramsey R.G., Corey J.P. (1999): "The distribution of nasal erectile mucosa as visualized by magnetic resonance imaging", ENT- Ear, Nose & Throat Journal Vol 78 Number 3
- Betlejewski S., Betlejewski A. (2008): "The influence of nasal flow aerodynamics on the nasal physiology." Otolaryngol Pol.: 62(3): 321- 325 Review. Polish.
- Bitzer E.M. et al (1996): "Der klinische Erfolg der operativen Korrektur der Nasenscheidewand." Laryngol- Rhino- Otol 75: 656- 659
- Braat J.P., Mulder P.G., Fokkens W.J., van Wijk R.G., Rijntjes E. (1998): "Intranasal cold dry air is superior to histamine challenge in determining the presence and degree of nasal hyperreactivity in nonallergic noninfectious perennial rhinitis.", Am J Respir Crit Care Med. 157(6 PT 1): 1748- 1755

- Braat J.P., Mulder P.G., Fokkens W.J., van Wijk R.G., Rijntjes E. (1998): "Intranasal cold dry air is superior to histamine challenge in determining the presence and degree of nasal hyperreactivity in nonallergic noninfectious perennial rhinitis", *Am J Respir Crit Care*
- Churchill S.E., Shackelford L.L., Georgi J.N., Black M.T. (2004): "Morphological variation and airflow dynamics in the human nose.", *Am J Hum Biol.* 16(6): 625- 638
- Clarke R.W., Jones A.S. (1992): "Nasal airflow receptors: the relative importance of temperature and tactile stimulation", *Clin Otolaryngol* 17(5): 388- 392
- Cole P. (1954): "Respiratory mucosal vascular responses, air conditioning and thermoregulation." *J Laryngol* 68: 613- 622
- Cole P., Haight J.S.J., Cooper P.W., Kassel E.E. (1983): "A computed tomographic study of nasal mucosa: effects of vasoactive substances." *J Otolaryngol* 12(1): 58- 60
- Courtiss E.H., Goldwyn R.M. (1983): "The effects of nasal surgery on airflow.", *Plast Reconstr. Surg* 72: 9- 19
- Cruz A.A., Togias A.G., Lichtenstein L.M., Kagey- Sobotka A., Proud D., Naclerio R.M.: "Local application of atropine attenuates the upper airway reaction to cold, dry air.", *Am Rev Respir Dis.* 146(2): 340- 346
- Dammann F., Bode A., Heuschmid M., Kopp A., Georg C., Pereira P.L., Claussen C.D. (2000): "Mehrschicht- Spiral- CT der Nasennebenhöhlen: Erste Erfahrungen unter besonderer Berücksichtigung der Strahlenexposition.", *Fortschr Röntgenstr* 172: 701-706
- Deitmer T., Broer E., Durweiler B. (1992): "Wirkung der Warminhalation auf das nasale Flimmerepithel.", *HNO* 37: 299- 302
- Doorly D., Taylor D.J., Franke P., Schroter R.C. (2008 Mai): "Experimental investigation of nasal airflow." *Proc. Inst Mech Eng*: 222(4): 439- 453
- Drettner B. (1961): "Vascular reaction of the human nasal mucosa on exposure to cold." *Acta Otolaryngol Suppl* 161: 1- 109
- Eccles R., Jones A.S. (1983): "The effect of menthol on nasal resistance to air flow." *J Laryngol Otol* 97: 705- 709
- Eccles R. (1978): "The central rhythm of the nasal cycle.", *Acta Otolaryngol.* 86: 464- 468
- Eccles R. (1996): "A role for the nasal cycle in respiratory defence", *Eur. Respir. J.* 9: 371- 376

- Elad D., Wolf M., Keck T. (2008 May): "Air- conditioning in the human nasal cavity." *Respir Physiol Neurobiol*.
- Enzmann H., Kandler B. (1989): "Zur Technik der intranasalen Hyposensibilisierung und Provokation unter rhinomanometrischen Kontrolle." *HNO* 37: 203- 206
- Fernandez M.S., Escuredo A.A., Sanchez del Rey, Montoya F.S. (2000): "Morphometric study of the paranasal sinuses in normal and pathological conditions." *Acta Otolaryngol* 120: 273- 278
- Fischer R. (1969): "Die Physik der Atemströmung in der Nase.", Habil.- Schr. Berlin
- Flanagan P., Eccles R. (1997): "Spontaneous changes of unilateral nasal airflow in man. A re-examination of the "nasal cycle""", *Acta Otolaryngol* 117: 590- 595
- Fontanari P., Burnet H., Zattara- Hartmann M.C., Jammes Y. (1996): "Change in airway resistance induced by nasal inhalation of cold dry, dry or moist air in normal individuals.", *J Appl Physiol*. 81(4): 1739- 1743
- Fontanari P., Zattara- Hartmann M.C., Burnet H., Jammes Y. (1997). "Nasal eupnoeic inhalation of cold, dry air increases airway resistance in asthmatic patients.", *Eur Respir J* 10(10): 2250- 2254
- Gammert C. et al (1990): "The nasal influence of climate conditions on nasal resistance as measured by rhinomanometry.", 13th Congress European Rhinologic Society
- Gevers (1998): "Praktische Rhinologie", Urban und Schwarzenberg 3- 5
- Gotlib T., Samolinski B., Grzanka A. (2005): "Bilateral nasal allergen provocation monitored with acoustic rhinometry. Assessment of both nasal passages and the side reacting with greater congestion: relation to the nasal cycle", *Clin Exp Allergy* 35(3): 313- 318
- Grevers (1998): "Praktische Rhinologie", Urban & Schwarzenberg Kap.1: S. 3 ff
- Grevers G., Herrmann U. (1978): "Das Schwellgewebe der Nasenschleimhaut.", *Laryng Rhinol Otol* 66: 152- 156
- Grützenmacher S., Mlynski G., Mlynski B., Lang C. (2003): " Die Objektivierung des Schwellungszustandes der Nasenschleimhaut- ein Vergleich von vier Messmethoden", *Laryngo- Rhino- Oto* 82: 645- 649
- Haight J.S., Cole P. (1983): "The site function of the nasal valve", *Laryngoscope* 93(1): 49- 55
- Hanke A., Gast K., Viallon M., Markstaller K., Eberle B., Thelen M., Kauczor H.-U. (2001): "Dynamische Bildgebung der Nasenhaupthöhle und der Nasennebenhöhle im MR mittels polarisiertem Helium.", *Fortschr. Röntgenstr* 173: 1126- 1130

- Hanna L.M., Scherer P.W. (1986): "A theoretical model of localized heat and water vapor transport in the human respiratory tract." J Biochem Eng 108: 19- 27
- Hardcastle P.F., White A., Prescott R.J. (1988): "Clinical or rhinometric assessment of the nasal airway – which is better?" Clin Otolaryngol 13: 381- 385
- Hasegawa M., Kern E.B. (1977): "The human nasal cycle.", Mayo Clin Proc 52: 28- 34
- Hasegawa M., Kern E.B. (1978): "Variations in nasal resistance in man: a rhinomanometric study of the nasal cycle in 50 human subjects", Rhinolog. 16: 19- 29
- Hess M.M., Lamprecht J., Horlitz S. (1992): "Experimentelle Untersuchung der Strombahn in der Nasenhaupthöhle des Menschen am Nasen- Modell", Laryngo- Rhino- Otol 71: 468- 471
- Hornung D.E. et al (1987): "Airflow patterns in the human nasal model.", Arch Otolaryngol. Head Neck Surg. 113: 169-72
- Iliopoulos O., Proud D., Norman P.S., Lichtenstein L.M., Kagey- Sobotka A., Naclerio R.M. (1988): "Nasal challenge with cold, dry air induces a late- phase reaction.", Am Rev Respir Dis 138: 400- 405
- Iliopoulos O., Proud D., Norman P.S., Lichtenstein L.M., Kagey- Sobotka A., Naclerio R.M. (1988): "Nasal challenge with cold, dry air induces a late- phase reaction", Am Rev Respir Dis 138(2): 400- 405
- Ingelsted S. (1956): " Studies on the conditioning of air in the respiratory tract", Acta Otolaryngol. Stockh. Suppl. 131: 16
- Jones A.S., Lancer J.M., Shone G., Stevens J.C. (1986): " The effect of lignocaine on nasal resistance and nasal sensation of airflow", Acta Otolaryngol 101: 328- 330
- Kayser R.: "Die exakte Messung der Luftdurchlässigkeit der Nase", Arch Laryngol. 3: 101- 120
- Keck T., Leiacker R., Heinrich A., Kühnemann S., Rettinger G. (2000). "Humidity and temperature profile in the nasal cavity.", Rhinology 38: 167- 171
- Keck T., Leiacker R., Lindemann J., Rettinger G., Kühnemann S. (2001): "Endonasales Temperature- und Feuchtigkeitsprofil nach Exposition zu verschiedenen klimatisierter Einatemluft.", HNO 49: 372- 377
- Keck T. (2003): " Untersuchungen zur Konditionierung der Atemluft in der Nase", Laryngo- Rhino- Otol 82: 289- 290
- Keck T., Leiacker R., Heinrich A., Kühnemann S.; Rettinger G. (2000): " Humidity and temperature profile in the nasal cavity", Rhinology 38: 167- 171

- Keck T., Leiacker R., Riechelmann H., Rettinger G. (2000): "Temperature profile in the nasal cavity", *The Laryngoscope* 110: 651- 654
- Kennedy D.W. (1998): "Middle turbinate resection." *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 124: 107
- Kjaergaard T., Cvancarova M., Steinsvåg S.K. (2008 Aug): "Does nasal obstructions mean that the nose is obstructed?" *Laryngoscope* 118(8): 1476- 1481
- Kohlrausch O. (1853): "Über das Schwellgewebe an den Muscheln der Nasenschleimhaut." *Arch Anat Physiol*
- Köl liker (1852): "Schwellkörper der Nase", *Handb. d. Gewebelehre* S. 633
- Laine M.T., Huggare A.V.: "A modification of the pressure- flow technique for measuring breathing of cold air and its effect on nasal cross- sectional area", *Am J of Othodontics and Dentofacial Orthopedics* 105(3): 265- 269
- Lang et all (1989): "Klinische Anatomie der Nase, Nasenhöhle und Nebenhöhle. Grundlagen für die Diagnostik und Operation."
- Lang J. : "Klinische Anatomie der Nase, Nasenhöhle und Nasennebenhöhle", Thieme Verlag New York 113
- Liener K., Leiacker R., Lindemann J., Rettinger G., Keck T. (2003): "Nasal mucosa temperature after exposure to cold, dry air and hot, humid air.", *Acta Otolaryngol.* 123(7): 851- 856
- Lillie H.I. (1923): "Some partical consoderations of the physiology of the upper respiratory tract.", *J Iowa State Med Soc* 13: 403- 408
- Lindemann J., Keck T., Rettinger G. (2002): "Septal- turbinate- suture in endonasal sinus surgery." *Rhinology* 40: 92- 94
- Lindemann J., Keck T., Wiesmiller K.M., Rettinger G., Brambs H.-J., Pless D. (2005): "Numerical stimulation of intranasal air flow and temperature after resection of the turbinates.", *Rhinology* 43: 24- 28
- Lindemann J., Kühnemann S., Stehmer V., Leiacker R., Rettinger G., Keck T. (2001a): "Temperature and humidity profile of the anterior nasal airways in patients with nasal septal perforation.", *Rhinology* 39: 202- 206
- Lindemann J., Leiacker R., Keck T. et all (2002a): „Impact of unilateral sinus surgery with resection of the turbinates by means of midfacial degloving on nasal air conditioning.“ *Laryngoscop* 112: 2062- 2066

- Lindemann J., Leiacker R., Stehmer V., Rettinger G., Keck T. (2001b): "Intranasal temperature and humidity profile in patients with nasal septal perforation before and after surgical closure.", *Clin Otolaryngol Allied Sci* 26: 433- 437
- Lindemann J., Leiacker R., Rettinger G., Keck T. (2002): "The effect of tropical Xylometazolin on the mucosal temperature of the nasal septum"; *Am J of Rhinology* 16(4): 229- 234
- Lindemann J., Keck T., Wiesmiller K.M., Rettinger G., Brambs H.- J., Pless D. (2005): "Numerical stimulation of intranasal airflow and temperature after resection of the turbinates", *Rhinology* 43: 24- 28
- Lundquist G.R., Pedersen O.F., Hilberg O., Nielsen B. (1993): "Nasal reaction to changes in whole body temperature", *Acta Otolaryngol* 113(6): 783- 788
- Marx H. (1949): ""Bau und Funktion der Nase" die Nasenheilkunde in Einzeldarstellungen", Würzburg
- Masing H. (1967): "Experimentelle Untersuchung über den Strömungsverlauf im Nasenmodell.", *Archiv klein. exper. Ohren-, Nasen und Kehlkopfheilk.* 189: 371- 381
- Mc Caffrey T.V., Kern B. (1979): "Response of nasal airway resistance to hyperkapnia an hypoxia in the dog", *Acta Otolaryngol. Stockh.* 87: 545- 553
- McCaffery T.V., Kern E.B.: "Clinical evaluation of nasal obstruction." *Arch Otolaryngol* 105: 542- 545
- McLane M.L., Nelson J.A., Lenner K.A., Hejal R., Kotaru C., Skowronski M., Coreno A., Lane E., McFadden E.R. Jr. (2000): "Integrated response of the upper and lower respiratory tract of astmatic subcjekts to frigid air.", *J Appl Physiol.* 88(3): 1043- 1050
- McLane M.L., Nelson J.A., Lenner K.A., Hejal R., Kotaru C., Skowronski M., Coreno A., Lane E., McFadden ER Jr. (2000): "Intergrated response of the upper and lower respiratory tract of asthmatic subjects to frigid air", *Appl Physiol.* 88(3): 1043- 1050
- Millqist E., Johansson A., Bende M., Bake B. (2000): "Effect of nasal air temperature on FEV 1 an specific airways conductance", *Clin Physiol.* 29(3): 212-217
- Mlynski G., Grutzenmacher S., Plontke S., Mlynski B., Lang C. (2001): "Correltaion of nasal morphology and respiratory function.", *Rhinology* 30: 197- 201
- Mlynski G., Löw J. (1993): "Die Rhinoresistometrie- eine Weiterentwicklung der Rhinomanometrie.", *Laryngo- Rhino- Otol.* 72: 608- 610

- Naito K., Cole P., Chaban R., Oprysk D. (1988): "Nasal resistance, sensation of obstruction, and rhinoscopic finding compared." *Am J Rhinol* 2(2): 65- 69
- Olsson P., Bende M., Ohlin P. (1985): "The laser doppler flowmeter for measuring microcirculation in human nasal mucosa." *Acta Otolaryngol* 99: 133- 139
- Olsson P., Bende M. (1994): "Influence of environmental temperature on human nasal mucosa." *Ann Otol Rhinol Laryngol* 94: 153- 155
- Paczesny D., Rapijko P. (2007): "Air temperature measurements in nasal cavities and oral cavity." *Otolaryngol Pol*: 61(5): 864- 867 Polish.
- Philip G., Jankowski R., Baroody F.M., Naclerio R.M., Togias A.G. (1993): "Reflex activation of nasal secretion by unilateral inhalation of cold dry air.", *Am Rev Respir Dis* 148: 1616- 1622
- Pinto J.M., Assanasen P., Baroody F.M., Naureckas E., Naclerio R.M. (2005): "Adrenoreceptor blockade with Phenoxylbenzamine does not affect the ability of the nose to condition air", *Appl Physiol*
- Pless D., Keck T., Wiesmiller K., Rettinger G., Aschoff A.J., Fleiter T.R., Lindemann J. (2004): "Numerical simulation of air temperature and airflow patterns in the human nose during expiration.", *Clin Otolaryngol*. 29(6): 642- 647
- Principato J.J., Ozenberger J.M. (1970): "Cyclical changes in nasal resistance.", *Arch Otolaryngol* 91: 71- 77
- Proctor D.F., Swift D.L., Quilan M., Salman S., Takagi Y., Evering S. (1969): "The nose and man's atmospheric environment." *Arch Environ Health* 18: 671- 680
- Proud D., Kagey- Sobotka A., Naclerio R.M., Lichtenstein L.M. (1987): "Pharmacology of upper airways challenge.", *Int Arch Allergy Appl Immunol*. 82(3-4): 493- 497
- Ralston et al (1945): "Vascular response of the nasal mucosa to thermal stimuli with some observations on skin temperature.", *AM J Physiol* 144: 305- 310
- Rouadi P., Baroody F.M., Abbott D., Naureckas E., Solway J., Naclerio R.M. (1999). "A technique to measure the ability of the human nose to warm and humidify air", *J Appl Physiol*. 87(1). 400- 406
- Sahin- Yilmaz A., Baroody F.M., De Tino M. (2008 Juli): "Effect of changing airway pressure on the ability of the human nose to warm and humidify air." *Ann Otol Rhinol Laryngol* 117(7): 501- 505
- Salah B., Dinh Xuan A.T., Fouilladieu J.L., Lockhart A., Regnard J. (1988): "Nasal mucociliary transport in healthy subjects is slower when breathing dry air.", *Eur Respir J* 1: 852- 855

Salmann SD et al (1971): "Nasal resistance: description of a method and effect of temperature and humidity changes.", *Ann Otol Rhinol Laryngol* 80: 736- 743

Saunders M.W., Jones N.S., Kabala J.E. (1999): " Parameters of nasal airway anatomy on magnetic resonance imaging correlate poorly with subjective symptoms of nasal patency", *Clinical Otolaryngology & Allied Sciences* 24(5): 431

Schumacher, M.J. (1989): "Rhinomanometry." *J Allergy Clin Immunol* 83: 711- 718

Simon H. (1980): " Die Nase als Erfolgsorgan thermischer Hautreize.", *Laryngol Rhinol Otol* 59: 808- 819

Schwarz G. (1998): "Rhinomanometrische Untersuchungen zur thermischen Beeinflussung der Nasenventilation.", *HNO* 46: 519- 523

Sekizawa S., Tsubone H., Kuwahara M., Sugano S. (1996): "Nasal receptors responding to cold and l- menthol airflow in the guinea pig.", *Respir. Physiol.* 103(3): 211- 219

Semarek A. (1958) "Objektive Beurteilung der Nasendurchgängigkeit." *Z. f. HNO- Heilk.* 37: 248- 261

Shilenkova V.V., Kozlov V.S. (2008): "A nasal cycle in healthy children." *Vestn Otolinolaringol* (1): 11- 16 Russian.

Siegel N.S., Gliklich R.E., Taghizadeh F., Chang Y. (2000): "Outcomes of septoplasty." *Otolaryngol Head and Neck Surg* 122(2): 228- 232

Sipilä J., Suonpää J. (1997): "A prospective study using rhinomanometry and patient clinical satisfaction to determine if objective measurements of nasal airway resistance can improve the quality of septoplasty." *Eur Arch Otolaryngol* 252: 387- 390

Stoksted P. (1952): "Physiological cycle of nose under normal and pathologic conditions.", *Acta Otolaryngol.* 42: 175- 179

Strohl K.P., Arnold J.L., Decker M.J., Hoekje P.L., McFadden E.R. (1992): "Nasal Flow-resistive responses to challenge with cold dry air", *Journal Appl. Physiol.* 72(4): 1243-1246

Tos M. (1983): "Distribution of mucus producing elements in the respiratory tract: difference between upper and lower airway", *Eur. J. Respir. Dis. Suppl.* 128: 269- 279

Turner N., Parker J., Hudnall J. (1992): "The effect of dry and humid hot air inhalation on expired relative humidity during exercise." *Am Ind Hyg Assoc J* 53: 256- 260

Warren D.W., Hinton V.A., Pillsbury III H.C., Hairfield W.M. (1987): " Effects of size of the nasal airway an nasal airflow rate", *Arch Otol*

- Webber R.L., Jeggcoat M.K., Harman J.T., Ruttimann U.E. (1987): "MR demonstration of the nasal cycle in the beagle dog", *J of Computer Assisted Tomography* 11(5): 869- 871
- Weiss F., Habermann C.-R., Welger J., Knappe A., Metternich F., Steiner P., Rozeh B., Schoder V., Bucheler E. (2001): "MRT in der präoperativen Diagnostik der chronischen Sinusitis im Vergleich der CT Diagnostik.", *Fortschr Röntgenstr* 173: 319- 324
- Wen J., Inthavong K., Tu J. (2008 Apr.): "Numerical simulations for detailed airflow dynamics in a human nasal cavity." *Respir Physiol Neurobiol.* 161(2): 125- 135 Epub 2008 Feb. 04.
- Williams R., Rankin N., Smith T., Galler D., Seakins P. (1996): "Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa.", *Crit Care Med* 24(11): 1920- 1929
- Zinreich S.J., Kennedy D.W., Kumar A.J., Rosenbaum A.E., Arrington J., Johns M.E. (1988): "MR imaging of normal nasal cycle: comparison with sinus pathology.", *J Comput Assist Tomogr* 12(6): 1014- 1019
- Zuckerkindl (1884): "Das Schwellgewebe der Nasenscheidewand usw.", *Wien med. Wschr.* Nr. 39