

3. ERGEBNISSE

Wegen der Fülle von Daten sind in diesem Kapitel nur ausgewählte Ergebnisse exemplarisch dargestellt. Die Gesamtdaten befinden sich im Anhang der Arbeit.

3.1. UNTERSUCHUNGEN AM KÄSTCHENMODELL

3.1.1. EINFLUSS DES ADAPTERMATERIALS AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Zwischen dem mitgelieferten Kunststoffadapter und dem für die Versuche am Kästchenmodell angefertigten Glasadapter ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der Messkurven der AR (Abbildung 3).

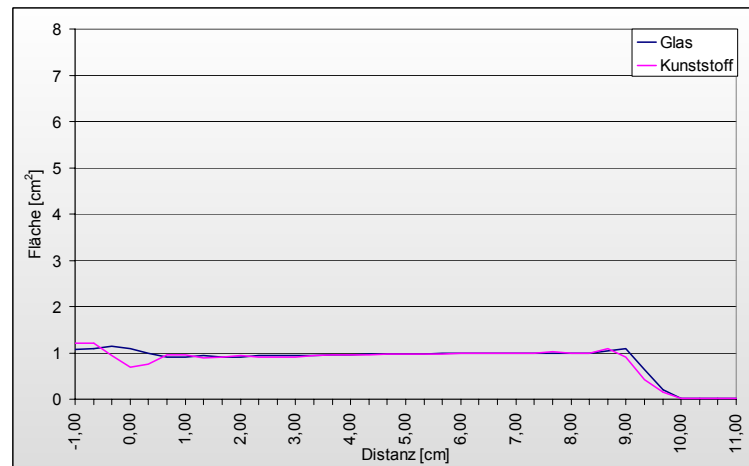


Abbildung 3: Messkurven eines Glas- und eines Kunststoffadapters (Modellquerschnitt 1 cm²)

3.1.2. EINFLUSS DER QUERSCHNITTSFLÄCHE IN MESSEITE UND GEGENSEITE AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Die Vergrößerung der Querschnittsfläche des Modells hat einen erheblichen Effekt auf die Genauigkeit des Messergebnisses der Akustischen Rhinometrie. Die Abbildung 4 zeigt die entsprechenden Kurven bei Kästchenmodellen mit den Querschnitten 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 cm². Der Kurvenverlauf zeigt, dass alle gemessenen Querschnittsflächen zu klein abgebildet werden. Bestimmt man die mittlere Fläche im Intervall von 1 cm bis 7 cm für alle sechs Querschnitte und vergleicht diese mit

den realen Querschnittsflächen des Modells, wird deutlich, dass mit größer werdender Modellquerschnittsfläche die akustisch gemessene Fläche zunehmend zu klein berechnet wird (Abbildung 5).

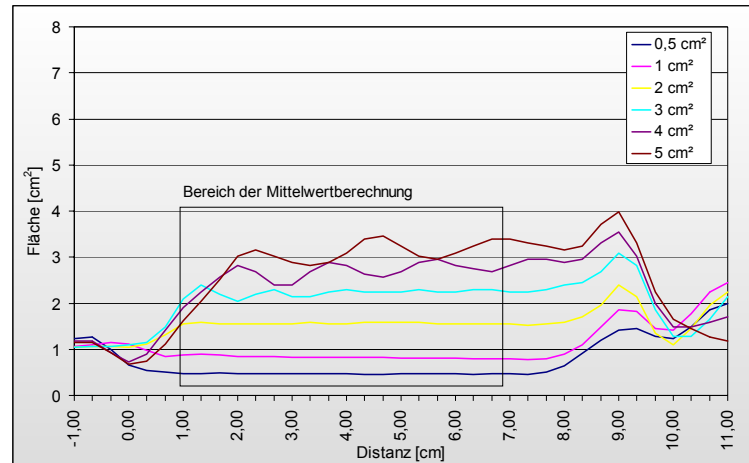


Abbildung 4: Messkurven eines Kästchenmodells mit verschiedenen Querschnitten

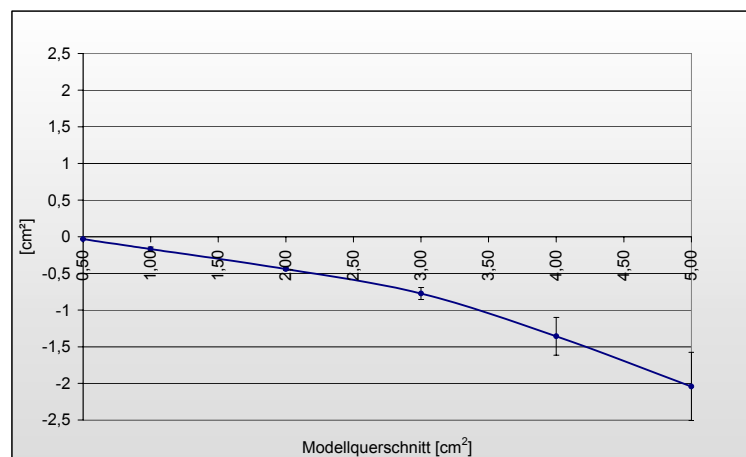


Abbildung 5: Mittlere Abweichung vom tatsächlichen Modellquerschnitt und Standardabweichung der Flächenmittelwerte

Die Veränderung des Volumens der Gegenseite des Kästchens zeigt keinen Einfluss auf die Messung der Untersuchungsseite (Abbildung 6). Eine Verkleinerung des „Epipharynx“ verringert auch die gemessenen Querschnittsflächen im „Epipharynx“ (hellblaue Kurve Abbildung 6).

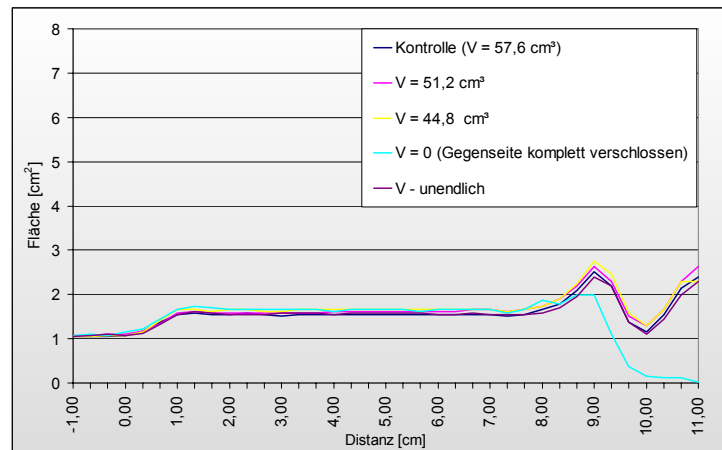


Abbildung 6: Einfluss des Volumens (V) der Gegenseite auf die Messseite (Modellquerschnitt 2 cm^2)

3.1.3. EINFLUSS DES DURCHMESSERS UND DER LÄNGE DES ANSCHLUSSKANALS SOWIE DES VOLUMENS DER NEBENHÖHLE AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Die Messungen im Kästchenmodell bei verschiedenen Durchmessern des Anschlusskanals, jedoch konstanter Länge (5 mm) und konstant unendlichem Volumen der Nebenhöhle zeigen eine Vergrößerung der distal der Bohrung gemessenen Querschnittsflächen bis 307% (Abbildungen 7 und 8, Tabelle 2 im Anhang). Die Zunahme der gemessenen Querschnittsflächen beginnt unmittelbar nach der Einmündung der Nebenhöhle und wird mit Erweiterung des Durchmessers des Anschlusskanals größer.

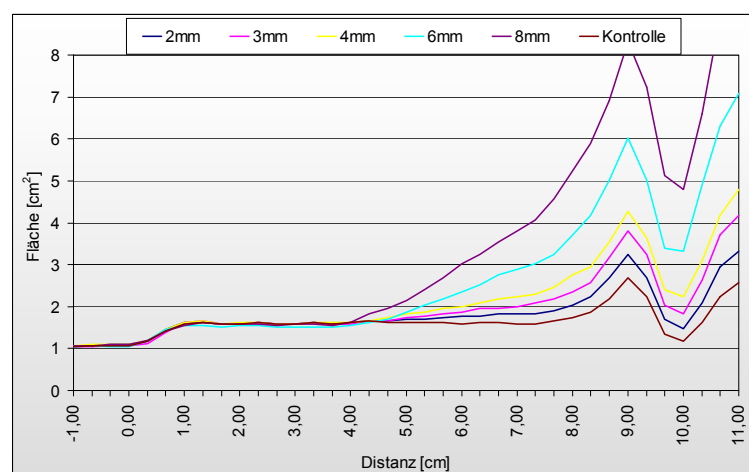


Abbildung : Messkurven bei verschiedenen Durchmessern des Nebenhöhlenanschlusses und konstanter Länge (5 mm) sowie unendlichem Volumen der Nebenhöhle

Die Position des größten Flächenzuwachs liegt im Mittel bei 9,93 cm („Epipharynx“-Anteil des Kästchens). Flächenzuwachs und Kanaldurchmesser zeigen mit 0,99 eine gute Korrelation (Tabelle 2 im Anhang).

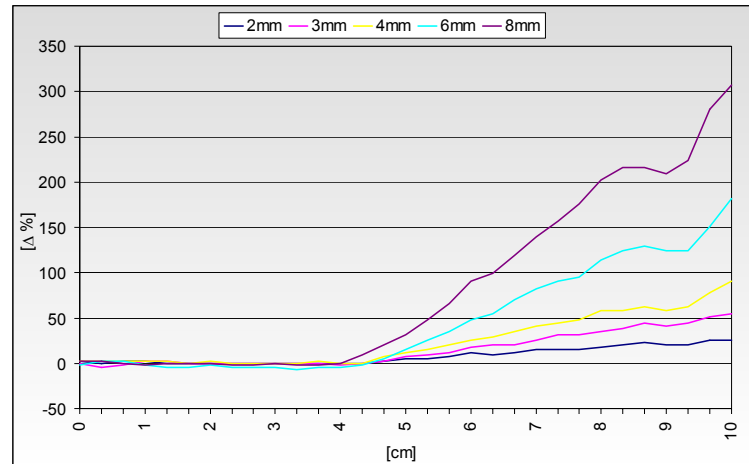


Abbildung 8: Prozentuale Abweichung der Messkurven von der Kontrollkurve bei verschiedenen Durchmessern des Nebenhöhlenanschlusses

Die Änderung der Länge des Anschlusskanals mit Silikonschläuchen auf 5 mm, 8 mm und 20 mm führt bei konstantem Durchmesser (6 mm) und unendlichem Nebenhöhlenvolumen zu einer Abnahme des durch die Öffnung verursachten Flächenzuwachses (Abbildung 9). Der Flächenzuwachs beginnt wiederum unmittelbar nach Einmündung der Nebenhöhle. Mit zunehmender Schlauchlänge nimmt die Abweichung der Messkurve ab (Abbildung 9).

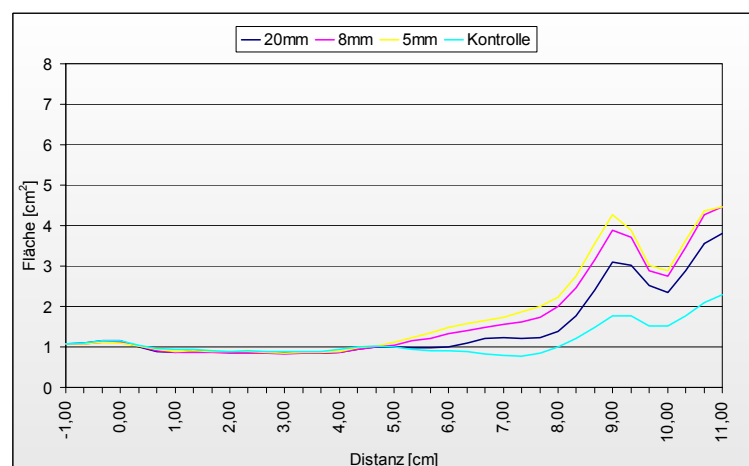


Abbildung 9: Messkurven bei verschiedenen Längen des Nebenhöhlenanschlusses und konstantem Durchmesser (6mm) sowie unendlichem Volumen der Nebenhöhle

Bei Veränderung der Kanallänge liegt der größte Flächenzuwachs im Mittel bei 8,78 cm. Flächenzuwachs und Schlauchlänge haben in diesem Fall mit $-0,98$ eine gute negative Korrelation (Tabelle 3 im Anhang).

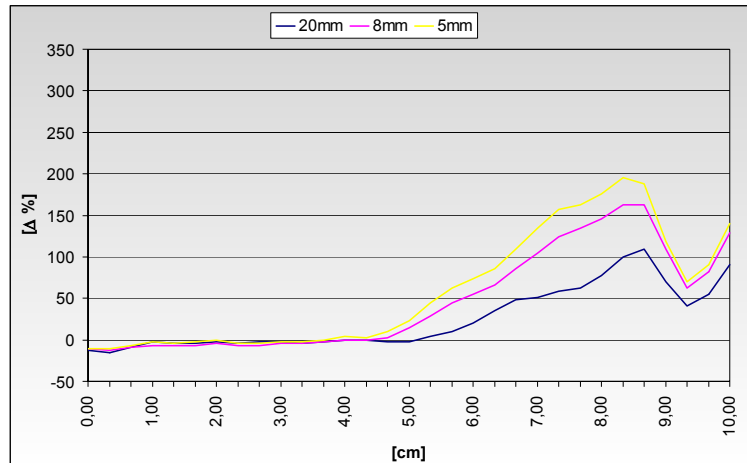


Abbildung 10: Prozentuale Abweichung der Messkurven von der Kontrollkurve bei verschiedenen Kanallängen

Eine schrittweise Veränderung des Nebenhöhlenvolumens bei konstanter Länge (5 mm) und Weite (5 mm) des Anschlusskanals zeigt eine deutliche Volumenabhängigkeit des Messfehlers der Querschnittsflächen ab 4 cm Distanz im Kästchenmodell. Mit größer werdendem Nebenhöhlenvolumen vergrößern sich auch die gemessenen Querschnittsflächen um bis zu 124% bei 25ml im Vergleich zur Kontrollkurve (Abbildungen 10 und 11, Tabelle 4 im Anhang).

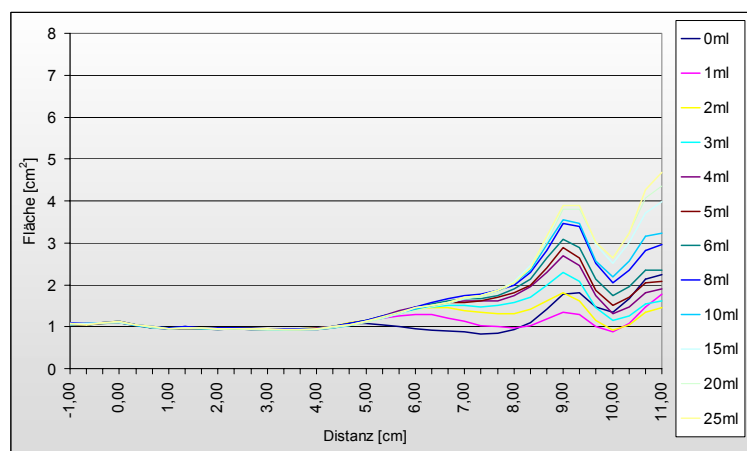


Abbildung 11: AR bei verschiedenen Nebenhöhlenvolumina (Kanaldurchmesser 5 mm, -länge 5 mm)

Der maximale Flächenzuwachs aller Kurven liegt im Mittel bei 7,64 cm, also noch knapp im „Nasen“-Innenraum kurz vor der Septumhinterkante. Volumenänderung der Nebenhöhle und Flächenzuwachs zeigen eine mäßige Korrelation von 0,76 (Tabelle 4 im Anhang).

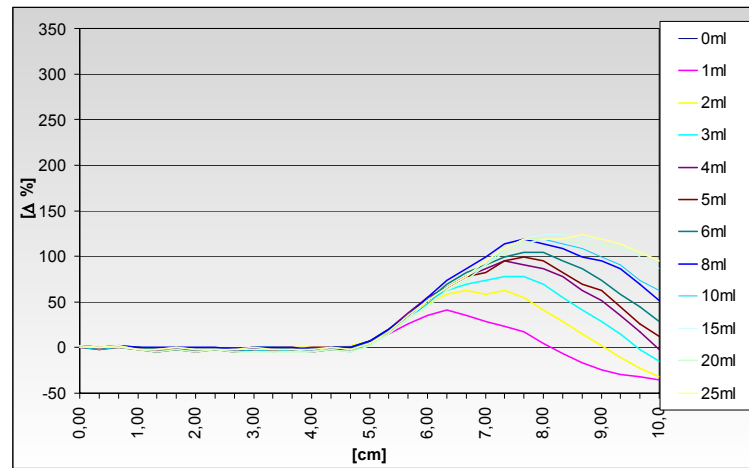


Abbildung 12: Prozentuale Abweichung der Messkurven bei verschiedenen Nebenhöhlenvolumina von der Messkurve am unveränderten Modell

3.1.4. EINFLUSS DER „NASENMUSCHEL“ AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Der Abstand der „Muschel“ von der seitlichen Modellwand hat einen Einfluss auf die Bestimmung der Querschnittsflächen im hinteren Modellabschnitt (Abbildung 13).

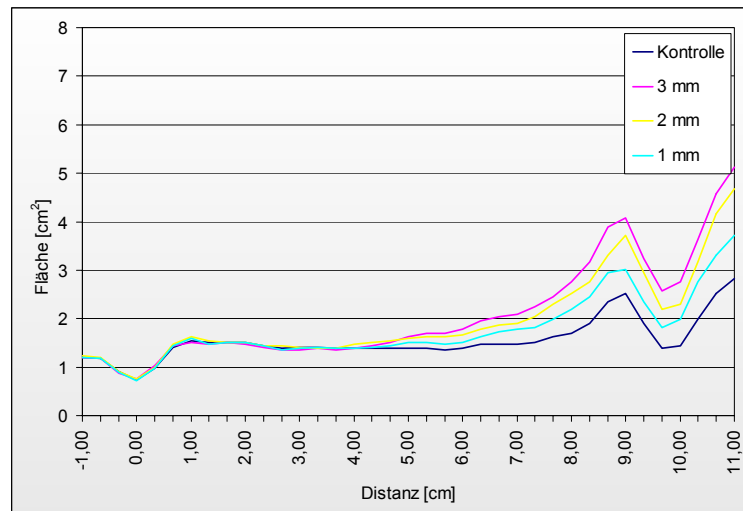


Abbildung 13: Messkurven mit „Muschel“ in verschiedenen Abständen zur lateralen Wand bei unendlichem Nebenhöhlenvolumen sowie konstanter Anschlusskanallänge (5 mm) und –weite (8 mm)

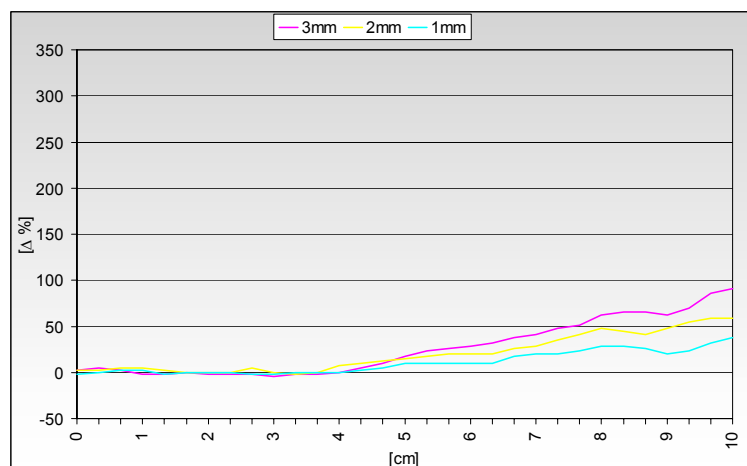


Abbildung 14: Prozentuale Abweichung der Messkurven von der Messkurve am unveränderten Modell bei verschiedenen „Muschel“-Abständen von der lateralen Modellwand

Bei unendlichem Nebenhöhlenvolumen wird deutlich, dass mit abnehmendem Abstand der „Muschel“ die prozentuale Abweichung im hinteren Kästchenabschnitt kleiner wird (Abbildung 14).

Die Vergrößerung der Querschnittsflächen distal der Bohrung beträgt im Modell mit „Muschel“ bei einem Nebenhöhlenvolumen von 25 ml maximal 70% im Vergleich zu 123% im Modell ohne „Muschel“ (Abbildungen 15, 16 und 12).

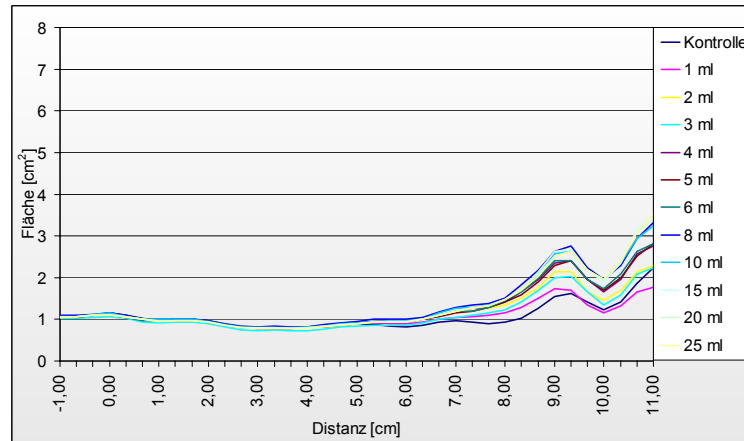


Abbildung 15: Messkurven mit „Muschel“ und verschiedenen Nebenhöhlenvolumina

Anders als bei den vorherigen Messungen beginnt der Flächenzuwachs später, und zwar bei 5 cm. Der maximale Flächenzuwachs aller Kurven liegt im Mittel bei 8,39 cm also knapp hinter dem Septum im „Epipharynx“. Nebenhöhlenvolumen und Flächenzuwachs zeigen nach Einbringen einer „Muschel“ in das Kästchenmodell mit 0,62 keine überzeugende Korrelation (Tabelle 5 im Anhang).

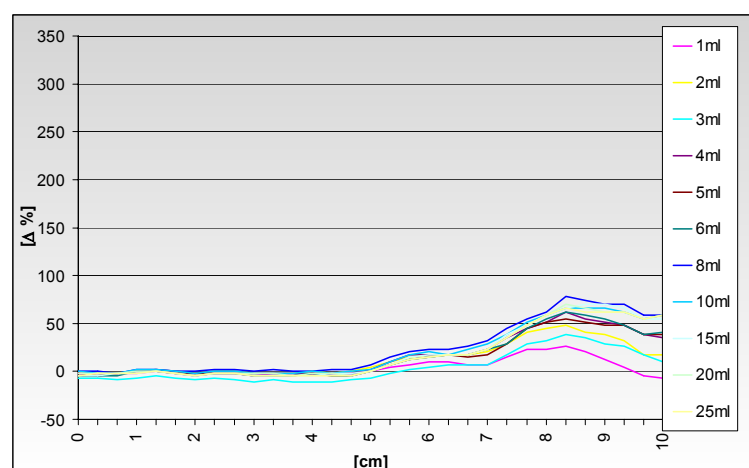


Abbildung 16: Prozentuale Abweichung der Messkurven von der Messkurve am unveränderten Modell im Modell mit „Muschel“ und verschiedenen Nebenhöhlenvolumina

3.2. UNTERSUCHUNGEN AN NASENMODELLEN

3.2.1. STANDARDABWEICHUNG MODELL I

Um einen Überblick über die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu erhalten, wurden vor jeder durchgeführten Manipulation am Nasenmodell Kontrollmessungen durchgeführt. Auf diese Weise entstanden 64 Einzelmessungen an der gleichen Nasenseite des Modells I. Die Mittelwertkurve dieser Messungen und die Standardabweichungen der einzelnen Messpunkte sind in Abbildung 17 dargestellt. Die geringste Abweichung fand sich am Kopf der unteren Muschel (C-Zacke) mit $0,01 \text{ cm}^2$, die größte Abweichung bei $7,3 \text{ cm}$ (posterior der Choane) mit $0,28 \text{ cm}^2$.

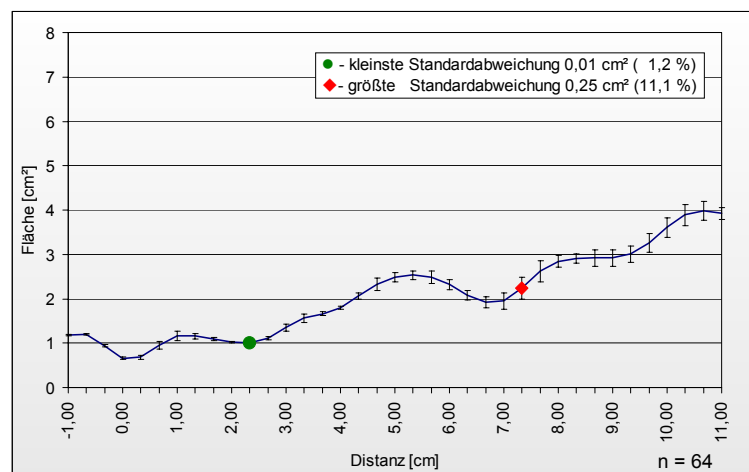


Abbildung 17: Standardabweichung der Kontrollmessungen des Modells I

3.2.2. EINFLUSS DES VOLUMENS DER GEGENSEITE UND DER MUNDHÖHLE AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Sämtliche Manipulationen an der nicht vermessenen Nasenseite, dem Nasopharynx sowie der Mundhöhle haben keinen Einfluss auf die Messkurve der Untersuchungsseite des Nasenmodells (Abbildungen 18 und 19).

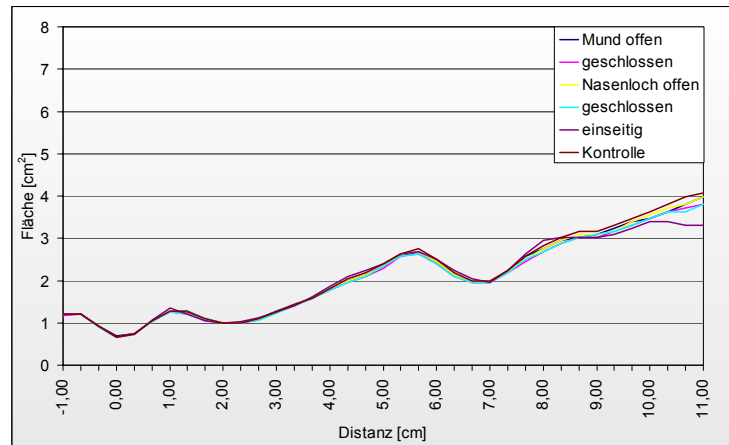


Abbildung 18: Messkurven bei verschiedenen Volumina der Gegenseite (einseitig – Gegenseite komplett verschlossen) sowie bei offenem und geschlossenem Mund und Ostium nasale externum

Bei jeweils verschlossenem Ostium nasale externum der Gegenseite, verschlossener Rima oris, Verschluss der Gegenseite in Höhe der Choane sowie Verschluss der Gegenseite in Verlängerung des Septums bis zur Rückwand des Nasopharynx ergibt sich keine Änderung im Kurvenverlauf der Akustischen Rhinometrie.

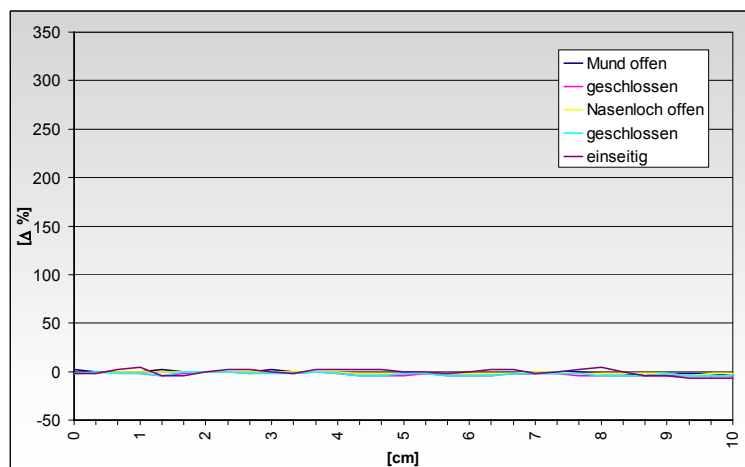


Abbildung 19: Prozentuale Abweichung der Messkurven von der Messkurve am unveränderten Modell bei verschiedenen Volumina der Gegenseite (einseitig – Gegenseite komplett verschlossen) sowie bei offenem und geschlossenem Mund und Ostium nasale externum

3.2.3. EINFLUSS DES DURCHMESSERS UND DER LÄNGE DES NEBENHÖHLENANSCHLUSSES AUF DAS AR-MESSERGEBNIS IM MODELL I

Die Veränderung des Anschlusskanaldurchmessers hat keinen Einfluss auf den Kurvenverlauf von 0 cm bis zur Septumhinterkante bei etwa 7 cm. Posterior der Septumhinterkante ergibt sich ein Flächenzuwachs von max. 19%, 22% und 33% für die Öffnungen von 3, 4 und 6 mm Durchmesser bei der kürzesten Länge von 5 mm (Abbildungen 20 und 21). Der maximale Flächenzuwachs liegt im Mittel bei 9,5 cm im Epipharynx des Modells. Kanaldurchmesser und Flächenzuwachs zeigen mit 0,995 eine hohe Korrelation (Tabelle 6 im Anhang).

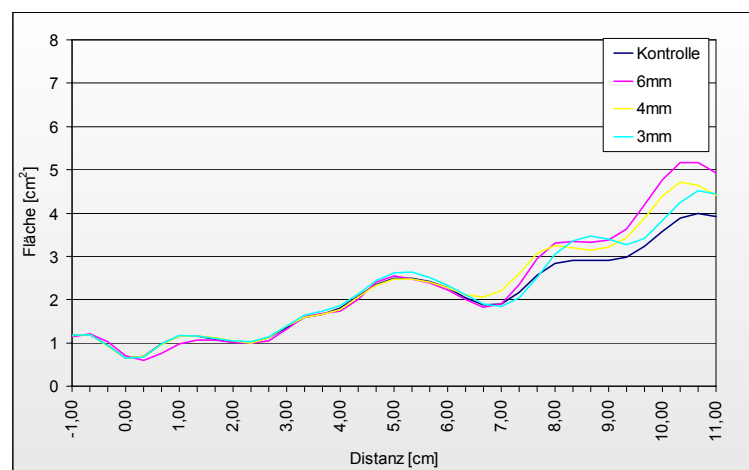


Abbildung 20: Messkurven bei konstanter Länge (5 mm) und verschiedenen Durchmessern des Nebenhöhlenanschlusses (Volumen der Nebenhöhle: 15 ml)

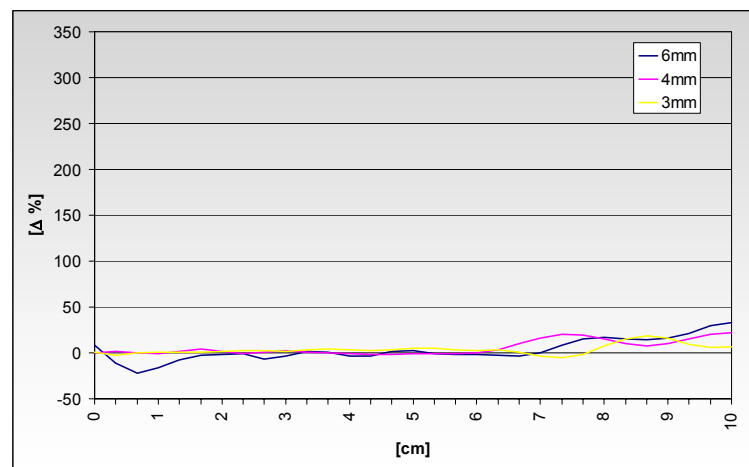


Abbildung 21: Prozentuale Abweichung der Messkurven bei konstanter Länge (5 mm) und verschiedenen Durchmessern des Nebenhöhlenanschlusses (Volumen der Nebenhöhle: 15 ml)

Veränderungen an der Länge des Anschlusskanals zeigen keinen Einfluss auf den Kurvenverlauf in der Nase, jedoch einen geringfügigen Einfluss auf den Kurvenverlauf im Epipharynx der Messseite. Die maximale prozentuale Flächenzunahme beträgt 14,3%, 8,8% und 6,9% für die Längen 5 mm, 8 mm und 12 mm (Abbildungen 22 und 23) und liegt ebenfalls bei 9,7 cm im Epipharynxanteil des Modells. Die Flächenzunahme korreliert mit $-0,89$ gut mit der Länge des kürzer werdenden Anschlusskanals (Tabelle 7 im Anhang).

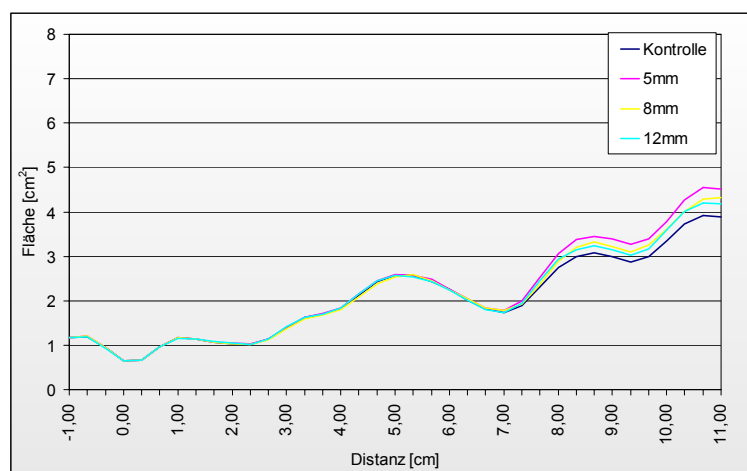


Abbildung 22: Messkurven bei konstantem Durchmesser (3 mm) und verschiedenen Längen des Nebenhöhlenanschlusses (Volumen der Nebenhöhle: 15 ml)

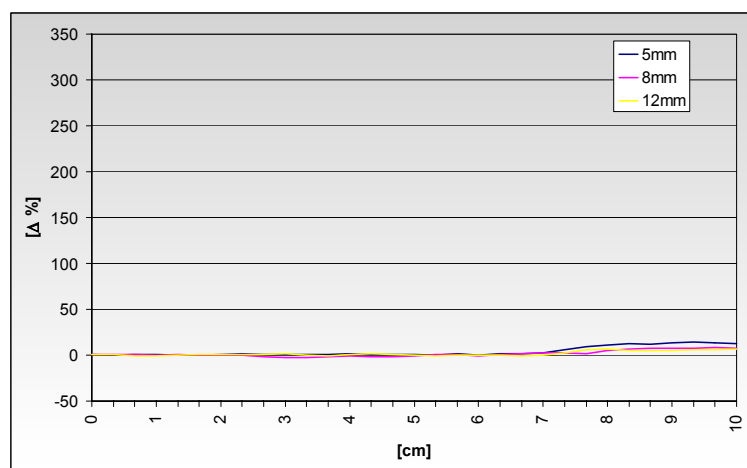


Abbildung 23: Prozentuale Abweichung der Messkurven von der Messkurve im unveränderten Modell bei konstantem Durchmesser (3 mm) und verschiedenen Längen des Nebenhöhlenanschlusses (Volumen der Nebenhöhle: 15 ml).

3.2.4. EINFLUSS DES NEBENHÖHLENVOLUMENS AUF DAS AR-MESSERGEBNIS IM MODELL I

Eine Veränderung des Nebenhöhlenvolumens bleibt ohne Effekt auf die Messkurve innerhalb der untersuchten Nasenseite, zeigt jedoch eine Veränderung des Kurvenverlaufs im Epipharynx. Dieser Effekt ist unabhängig von der Größe des Volumens der Nebenhöhle. Er ist an das Vorhandensein eines Volumens gebunden (Abbildungen 24 und 25). Dargestellt sind die Messkurven für das Modell mit der untersuchten kürzesten Kanallänge und größtem Durchmesser. Alle anderen Konstellationen finden sich im Anhang (Abbildungen 41 bis 56).

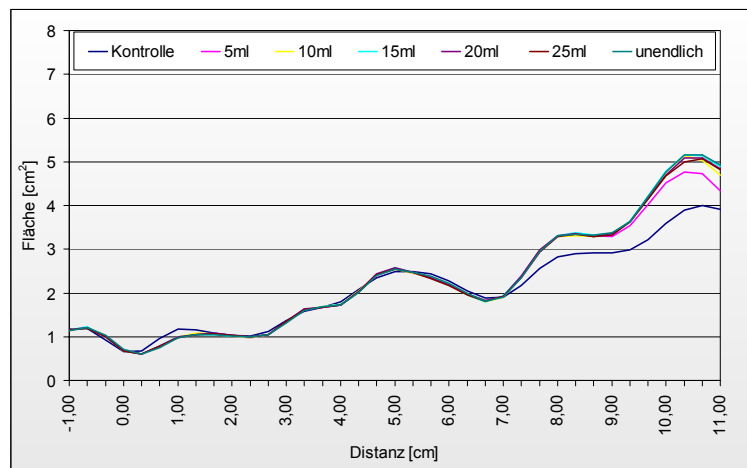


Abbildung 24: Messkurven des Modells I mit verschiedenen Nebenhöhlenvolumina bei konstanter Länge (6 mm) und Durchmesser (5 mm) des Anschlusskanals

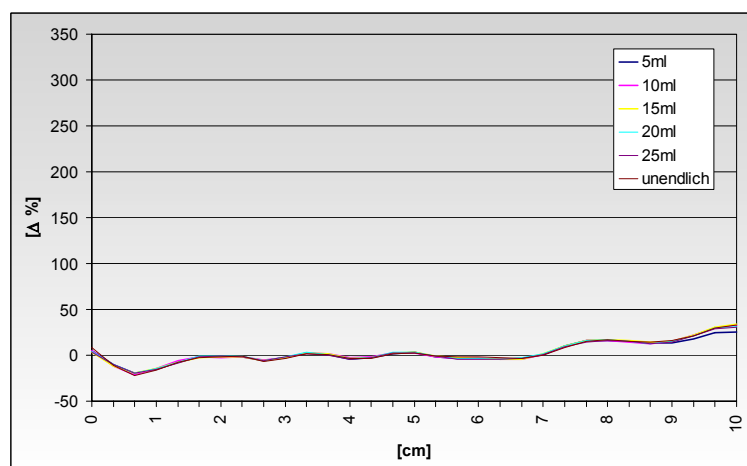


Abbildung 25: Prozentuale Abweichung der Messkurven des Modells I von der Messkurve im unveränderten Modell bei verschiedenen Nebenhöhlenvolumina mit konstanter Länge (6 mm) und Durchmesser (5 mm) des Anschlusskanals

3.2.5. EINFLUSS DES NEBENHÖHLENVOLUMENS AUF DAS AR-MESSERGEBNIS IM MODELL II

Im zweiten vermessenen Modell mit einer Kieferhöhlenöffnung von 6 mm Durchmesser und 12 mm Länge findet sich ein ähnlicher Effekt. Die Messkurve verändert sich im Naseninnenraum kaum, im Epipharynx findet sich ein Flächenzuwachs, der mit der Größe des Volumens der „Kieferhöhle“ bei 0.6 nicht korreliert (Abbildungen 26 und 27, Tabelle 8 im Anhang).

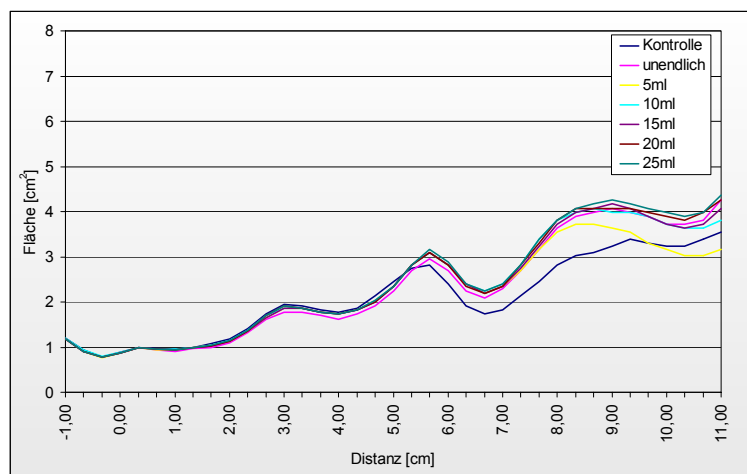


Abbildung 26: Messkurven des Modells II mit verschiedenen Nebenhöhlenvolumina bei konstanter Länge (6 mm) und konstantem Durchmesser (5 mm) des Anschlusskanals

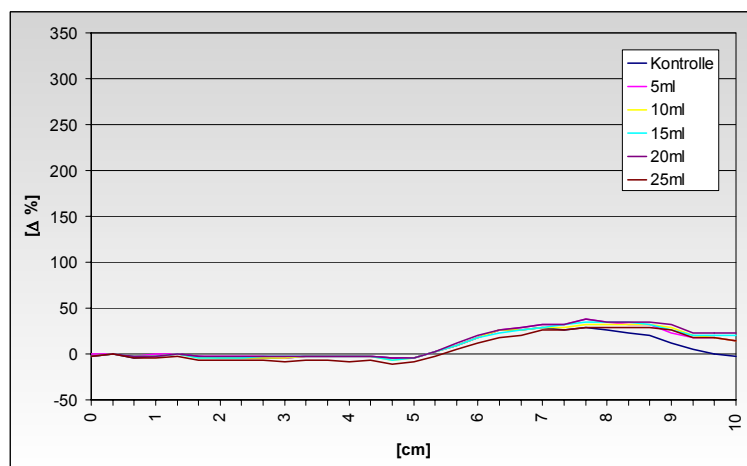


Abbildung 27: Prozentuale Abweichung der Messkurven des Modells II von der Messkurve im unveränderten Modell bei verschiedenen Nebenhöhlenvolumina mit konstanter Länge (6 mm) und Durchmesser (5 mm) des Anschlusskanals

3.3. UNTERSUCHUNGEN AM ANATOMISCHEN PRÄPARAT

3.3.1. EINFLUSS DES VOLUMENS DER GEGENSEITE AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Bei Veränderung des Volumens der Nasengegenseite des anatomischen Präparates verändert sich die Querschnittsfläche des Epipharynx, nicht aber die der vermessenen Nasenseite (Abbildungen 28 und 29).

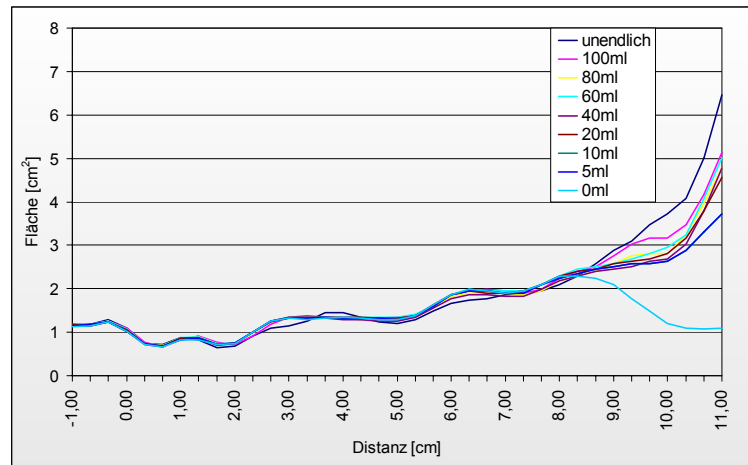


Abbildung 28: Messkurven des anatomischen Präparates bei verschiedenen Volumina der Gegenseite

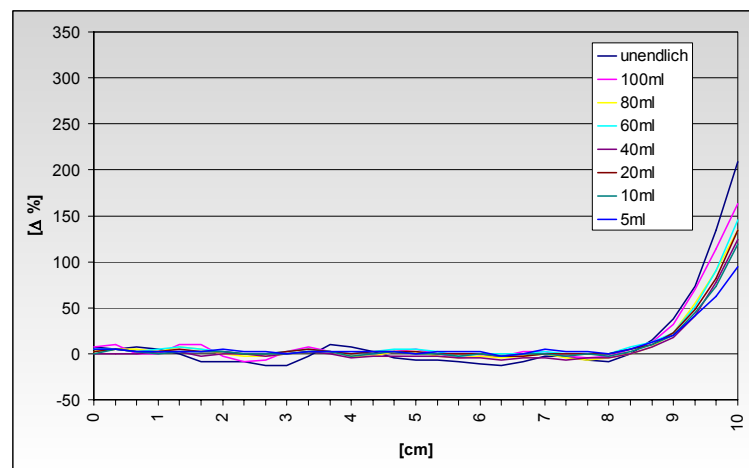


Abbildung 29: Prozentuale Abweichung der Messkurven bei verschiedenen Volumina der Gegenseite von der Messkurve bei komplett verschlossener Gegenseite

3.3.2. EINFLUSS DES VOLUMENS DES SINUS MAXILLARIS AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Wird das Volumen des Sinus maxillaris verkleinert, so hat dies keinen Einfluss auf die Messkurve innerhalb des Nasenraumes. Ähnlich wie in den Kunststoffmodellen findet sich eine Veränderung des Kurvenverlaufs posterior der Septumhinterkante (Abbildungen 30 und 31). Die Flächenänderung zeigt mit 0,35 keine Korrelation zum Volumen des Sinus maxillaris (Tabelle 9 im Anhang).

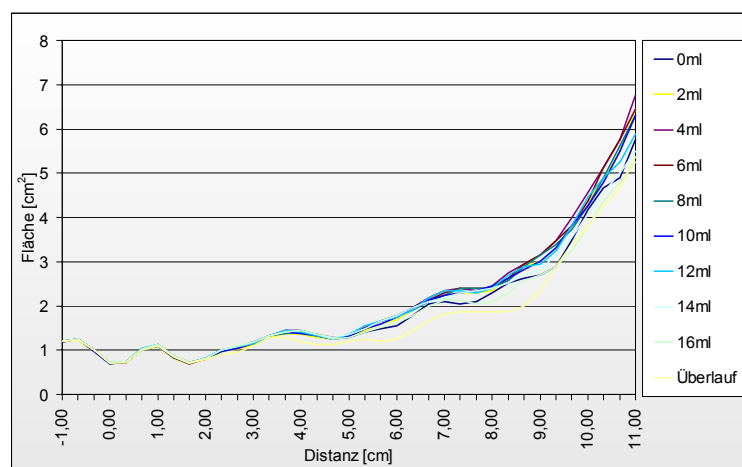


Abbildung 30: Messkurven bei Volumenänderung des Sinus maxillaris

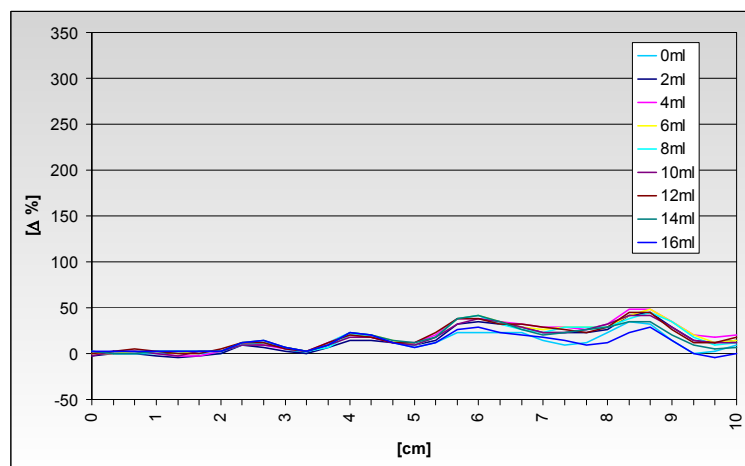


Abbildung 31: Prozentuale Abweichung der Messkurven bei Volumenänderung des Sinus maxillaris von der Messkurve im Präparat mit maximaler Füllung des Sinus maxillaris

3.3.3. EINFLUSS DES VOLUMENS DES SINUS MAXILLARIS NACH INFUNDIBULOTOMIE AUF DAS AR-MESSERGEBNIS

Nach Durchführung einer Infundibulotomie am anatomischen Präparat zeigt sich dagegen deutlich ein volumenabhängiger Effekt, beginnend bei 5 cm im Bereich der Nasenhöhle. Mit kleiner werdendem Kieferhöhlenvolumen verringert sich die Querschnittsfläche des Epipharynx. Innerhalb des Nasenraumes, insbesondere an der Stelle der Kieferhöhle, findet sich kein nennenswerter Effekt auf die Querschnittsfläche (Abbildungen 32 und 33). Der maximale Flächenzuwachs liegt bei 7,26 cm (Tabelle 10 im Anhang) kurz vor der Septumhinterkante. Die Flächenänderung zeigt eine hohe Korrelation mit der Volumenänderung des Sinus maxillaris ($r = 0,93$ in Tabelle 11 im Anhang).

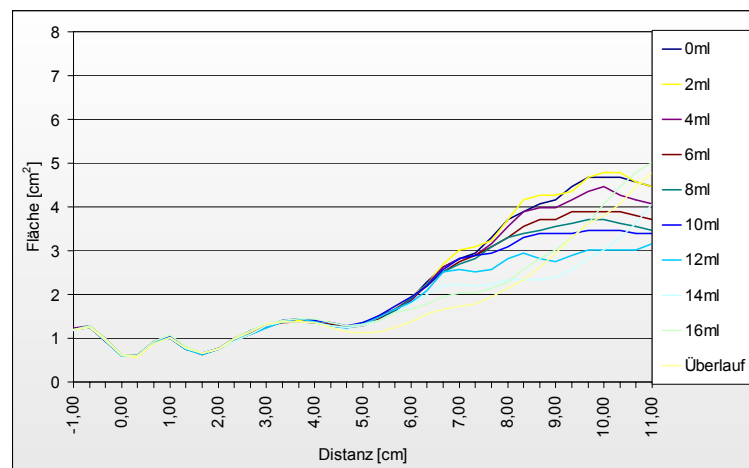


Abbildung 32: Messkurven bei Volumenänderung des Sinus maxillaris nach Infundibulotomie am anatomischen Präparat

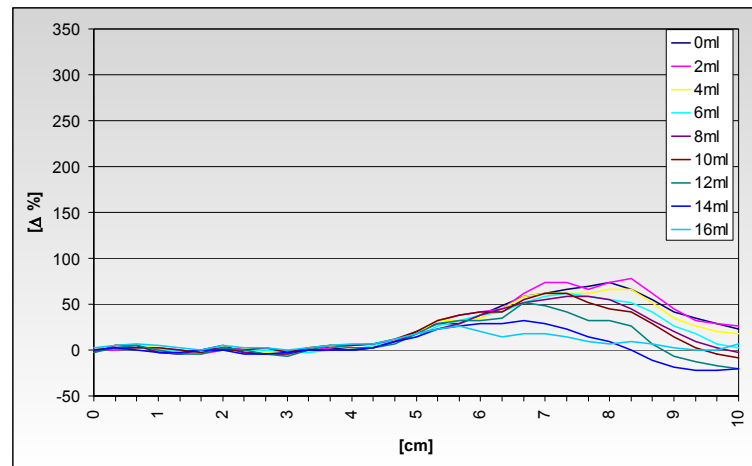


Abbildung 33: Prozentuale Abweichung der Messkurven bei Volumenänderung des Sinus maxillaris nach Infundibulotomie am anatomischen Präparat von der Messkurve im Präparat mit maximal gefültem Sinus maxillaris

3.4. UNTERSUCHUNGEN AN VERSUCHSPERSONEN

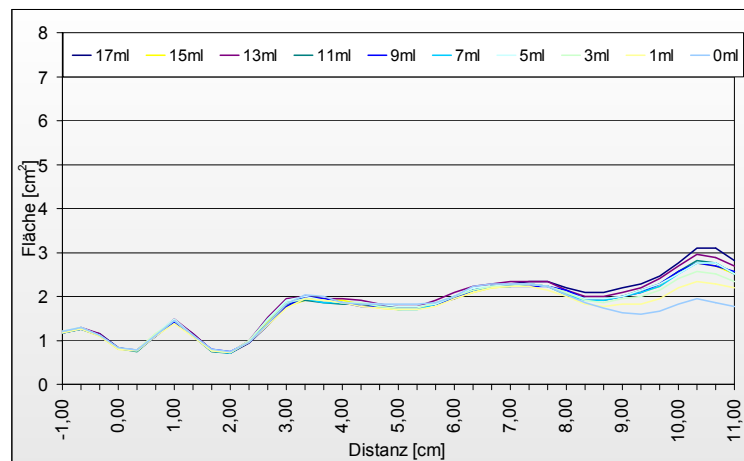


Abbildung 34: Messkurven der Versuchsperson 3 nach Punktion und Volumenänderung des Sinus maxillaris

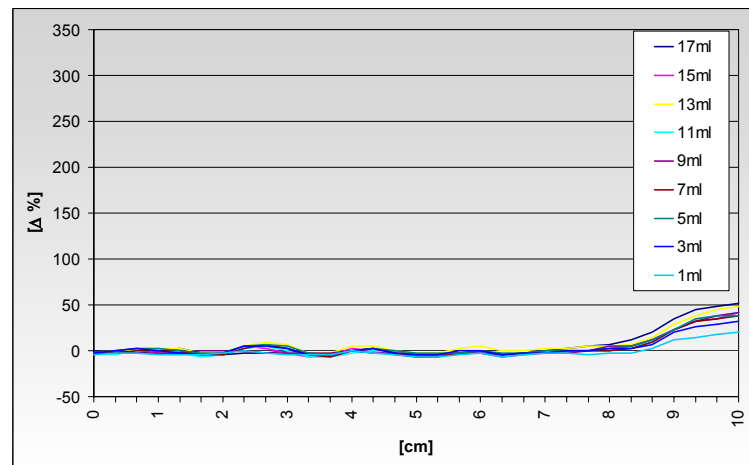


Abbildung 35: Prozentuale Abweichung der Messkurven der Versuchsperson 3 bei Volumenänderung des Sinus maxillaris von der Messkurve bei maximaler Füllung des Sinus maxillaris

In Abbildung 34 sind die Messkurven der Versuchsperson 3 beispielsweise dargestellt. Die prozentuale Abweichung der Messkurven findet sich in Abbildung 35. Die Tabelle 1 zeigt die Werte für alle sieben Versuchspersonen. Das mittlere Kieferhöhlenvolumen der Versuchspersonen betrug 16,86 ml (SD \pm 1,07 ml). Der maximale Flächenzuwachs der Messkurve lag bei fast allen Individuen außerhalb des Nasenraumes im Epipharynx. Nur bei einer Versuchsperson kam es zu einer Änderung der Messkurve innerhalb der Nase (Abbildung 36, Tabelle 1). Bei drei Versuchspersonen fand sich die größte Flächenabweichung nicht bei maximalem

Volumen des Sinus maxillaris, sondern bei teilweise gefüllter Kieferhöhle. Eine Korrelation größer als $r = 0,7$ ließ sich nur bei zwei der sieben Versuchspersonen ermitteln.

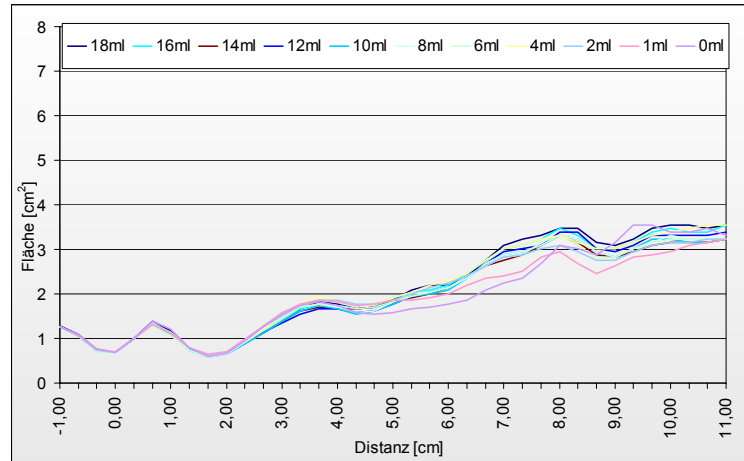


Abbildung 36: Messkurven der Versuchsperson 1 nach Punktion und Volumenänderung des Sinus maxillaris

| Versuchsperson | maximaler Flächenzuwachs [%] | | mittlerer Flächenzuwachs [%] | | Position [cm] | Kieferhöhle | | Korrelationskoeffizient Volumen / Flächenzuwachs r | |
|----------------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|---------------|----------------|--------------------|--|--|
| | | SD | | SD | | V_{MFA} [ml] | Gesamtvolumen [ml] | | |
| 1 | 38,04 | 5,60 | 30,13 | 6,33 | 6,77 (0,39) | 18,00 | 18,00 | 0,67 | |
| 2 | 81,97 | 12,64 | 65,70 | 10,00 | 10,00 (0,00) | 18,00 | 18,00 | 0,59 | |
| 3 | 51,36 | 9,04 | 39,02 | 10,00 | 9,96 (0,11) | 17,00 | 17,00 | 0,89 | |
| 4* | 86,21 | 12,08 | 65,86 | 10,00 | 9,92 (0,15) | 9,00 | 15,00 | 0,07 | |
| 5 | 113,80 | 14,86 | 100,54 | 10,00 | 10,00 (0,00) | 16,00 | 16,00 | 0,73 | |
| 6* | 25,89 | 3,23 | 20,57 | 8,67 | 8,67 (0,00) | 3,00 | 17,00 | -0,35 | |
| 7* | 41,25 | 6,39 | 29,62 | 10,00 | 8,22 (2,11) | 13,00 | 17,00 | 0,56 | |
| | | | | | Mittelwert: | 9,08 | Mittelwert: | 16,86 | |
| | | | | | SD | 1,25 | SD | 1,07 | |

* Individuen, bei denen der maximale Flächenzuwachs nicht beim größten Volumen des Sinus max. lag;
SD - Standardabweichung, r - Korrelationskoeffizient, V_{MFA} - Volumen bei maximalem Flächenzuwachs

Tabelle 1: Zusammenstellung der für die Versuchspersonen ermittelten Messwerte