

Aus dem selbstständigen Funktionsbereich
für Phoniatrie und Pädaudiologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. Wolfgang Angerstein

Sonographische Untersuchungen der Mundlippen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Florian Lasse Lefarth
2019

Als Inauguraldissertation gedruckt
mit der Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Wolfgang Angerstein

Zweitgutachterin: Priv. Doz. Dr. med. Julia Reifenberger

Es ist nicht genug zu wissen - man muss auch anwenden.
Es ist nicht genug zu wollen - man muss auch tun.

Johann Wolfgang von Goethe

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Lefarth F, Angerstein W (2013) Sonografische Diagnostik von Narbengewebe im Musculus orbicularis oris. *forum HNO* 15(5): 187-192

Lefarth F, Prescher A, Angerstein W (2014) Vergleichende sonographische und histomorphologische Untersuchungen der Lippen. *HNO* 62(12): 879-885

Vent J, Lefarth F, Massing T, Angerstein W (2014) Do you know where your fillers go? *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 7: 191-199

Mauersberger R, Lefarth F, Angerstein W (2017) Morphologische Befunde der Mundlippen bei Blasinstrumentalisten. In: Caffier P, Deuster D (Hrsg.) Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte 2017. Frick Kreativbüro & Onlinedruckerei, Krumbach, S. 178–182

Haubrich R, Lefarth F, Angerstein W Morphologische und funktionelle Untersuchungen der Mundlippen bei Blechbläsern. *Sprache Stimme Gehör* 43(1): 24-28

Zusammenfassung

Mittels hochauflösenden Ultraschalls ist es möglich, die Mundlippen und den M. orbicularis oris (MOO) gezielt zu untersuchen und dabei die Morphologie und Funktion zu beurteilen. Ziele der vorliegenden Arbeit waren: Erstens eine Standardisierung der klinischen Ultraschalluntersuchung und die standardisierte Vermessung der Lippenmuskulatur, sowie zweitens die Durchführung einer Anwendbarkeitsstudie mit Dickenvergleichen zwischen Blechblasmusikern und Nicht-Blechbläsern zur Beantwortung der Frage, ob (trainingsbedingte) Unterschiede hinsichtlich der Muskeldicken des MOO festzustellen sind.

Verwendet wurde ein Hitachi-Hi-Vision-Avius-Ultraschallgerät mit einem Linearschallkopf (L75, variabler Frequenzbereich: 5,0–18,0 MHz). Es erfolgte zunächst eine Vorstudie an 29 Probanden, zur histologischen Verifizierung wurden Präparate von Körperspendern (n=5; 72–83 Jahre) aufgearbeitet. Im Rahmen der Hauptstudie erfolgte die systematische B-mode-Ultrasonographie (n=78; 4–77 Jahre) an 8 definierten Schnittebenen und mittels Durchmustern der Lippen. Neben der B-mode-Sonographie fanden verschiedene weitere Ultraschall-Techniken wie Panoramabildaufnahmen, Farbduplex und Elastographie der Mundlippen Anwendung. Nach Anwendung von Ausschlusskriterien fanden statistische Auswertungen an 67 Personen statt. Zudem erfolgte im Diskussionskapitel eine systematische Übersicht der Ultraschallstudien zum MOO von 1986-2018. In der ausgewerteten Literatur wurde bislang noch kein ausreichend detailliertes Untersuchungsschema für die Mundlippensonographie publiziert.

Die Anteile des MOO waren histologisch und sonographisch jeweils gut voneinander abzugrenzen. Sonographisch sichtbare Strukturen der Lippen konnten histologisch identifiziert werden. Die Dicke der Pars peripheralis (PP) des MOO im Bereich der Ober- und Unterlippe (OL und UL) betrug 1,1-1,3 mm. Die Dicke der Pars marginalis (PM) betrug an der OL 3,9 mm. Für die PM der UL konnten mit 4,8 mm signifikant größere Dickenwerte gemessen werden. Männer wiesen durchweg höhere Dickenwerte als Frauen auf. Bei Blechblasmusikern ließen sich signifikant höhere Dicken des MOO feststellen.

Die standardisierte Mundlippensonographie beinhaltet: Untersuchung von OL und UL in definierten sagittalen und transversalen Schnittebenen sowie die Verwendung der Zähne als feste anatomische „Landmarken“, denn nur so können verifizierbare Dickenwerte des MOO erhoben werden. Spezialuntersuchungen wie Panoramabildaufnahmen oder Elastographie, sowie eine Funktionsdiagnostik bei An- und Entspannung, ermöglichen die Erkennung muskulärer Funktionsstörungen und tragen so zur Diagnose dystoner oder hypotoner Erkrankungen bei. Auch Narben, Verletzungen und Atrophien der Lippenmuskulatur sind sonographisch gut nachweisbar.

Abstract

High resolution ultrasound allows to examine the morphology of the lips and to assess the function of the orbicularis oris muscle (MOO). The first objective of this study was to standardize the clinical ultrasound examination and measurements of the lip musculature. The second objective was to carry out a feasibility study with thickness comparisons between brass and non-brass players to find out whether (training-related) differences in the muscle thickness of the MOO can be detected.

A Hitachi Hi-Vision Avius ultrasound machine with a linear transducer (L75, variable frequency range: 5.0-18.0 MHz) was used. Initially, a preliminary study was carried out on 29 subjects, and lips of body donors (n = 5; 72-83 years) were dissected for histological analysis. In the main study, systematic B-mode ultrasonography (n = 78; 4-77 years) was performed by scanning through the lips and examining 8 predefined scan planes. In addition to B-mode sonography, other ultrasound techniques such as panoramic imaging, color duplex and elastography of the lips were used. After applying exclusion criteria, statistical evaluation was carried out for 67 participants. In addition, a systematic overview of ultrasound studies on the MOO from 1986-2018 is presented in the discussion chapter. This systematic review did not reveal any sufficiently detailed standards for lip ultrasound examination.

Histological and sonographic examinations allow to distinguish between the various parts of the MOO. Sonographic patterns could be confirmed by histologic findings. The thickness of the pars peripheralis (PP) of the MOO in the upper and lower lip (OL and UL) was 1.1-1.3 mm. The thickness of the pars marginalis (PM) was 3.9 mm in the upper lip. For the PM of the lower lip, significantly larger thickness values could be obtained with 4.8 mm, with consistently higher values in men than in women. For brass musicians, significantly higher thicknesses of the MOO were found.

The proposed lip ultrasound standard includes: examination of the upper and lower lip in predefined sagittal and transverse planes as well as the use of teeth as fixed anatomical landmarks, to allow verifiable MOO measurements. Special techniques, such as panoramic imaging or elastography, as well as functional diagnostics during tension and relaxation, facilitate the detection of muscular dysfunctions and thus contribute to the diagnosis of dystonic or hypotonic diseases. Moreover, sonography can detect scars, injuries and atrophies of the lip musculature.

Abkürzungsverzeichnis

A. labialis	Arteria labialis (=Lippenarterie)
a.e.	am ehesten
Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
CG	Cheilitis granulomatosa
CL	Cleft Lip Patienten
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
df	df steht für degrees-of-freedom , d.h. für die statistischen Freiheitsgrade einer Werteverteilung
et al.	lat.: et alii (Maskulinum), et aliae (Femininum) oder et alia (Neutrum), entspricht dem dt. Kürzel „u. a.“ (= „und andere“)
FDI	Fédération Dentaire Internationale (= Zahnärzterweltverband)
Gl. labialis	Glandula labialis (=Lippendrüse, Einzahl)
Gll. labiales	Glandulae labiales (=Lippendrüsen, Mehrzahl)
J	Jahre
Kap.	Kapitel
KS-Test	Steht für: Kolmogorov-Smirnov-Test
m	männliches Geschlecht
M	Mittelwert
m. E.	meines Erachtens
mm	Millimeter
MOO	Musculus orbicularis oris (= Mundringmuskel), engl.: orbicularis oris muscle (OOM)
MWG	Messwertgruppen
o.g.	oben genannt(e)
OL	Oberlippe(n)
p	p-Wert (= Signifikanzwert)
PM	Pars marginalis des Musculus orbicularis oris
POFC	Pittsburgh Oral-Facial Cleft study [96]
PP	Pars peripheralis des Musculus orbicularis oris
PS	Pars superficialis des Musculus orbicularis oris

ROI	R egion o f interest
RTE	„ r eal- t ime e lastography“ (deutsch: Echtzeit Elastographie)
s.	siehe
SD	Standardabweichung
Sig.	S ignifikanz
SMAS	s uperficial m usculo a poneurotic s ystem
SW-Test	S hapiro- W ilk- T est
t(Zahl)	t-Wert beim t -Test, die Zahl ist der Wert des Freiheitsgrades (df)
UL	U nterlippe(n)
V. labialis	V ena labialis (=Lippenvene)
vgl.	v ergleiche
vs.	v ersus
w	w eibliches Geschlecht
WHO	Weltgesundheitsorganisation (engl.: W orld H ealth O rganization)
Z	Standardnormalverteilungsvariable der standardisierten Normalverteilung
Z.n.	Z ustand n ach (...Operation)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hinführung zum Thema.....	1
1.2	Anatomie der Lippenmuskulatur von 1724-2018.....	2
1.3	Historie der Ultraschalluntersuchungen des M. orbicularis oris.....	3
1.4	Ziele der Arbeit.....	4
2	Vorstudie	5
2.1	Probanden der Vorstudie	5
2.2	Methoden der Vorstudie	5
2.2.1	Equipment.....	5
2.2.2	Ablauf der sonographischen Mundlippen-Untersuchung	5
2.2.3	Definition der Schnittebenen und Messstrecken.....	6
2.2.4	Auswahl des Schallkopfes	10
2.2.5	Auswahl der Vorlaufstrecke	11
2.2.6	Vergleich mit anatomischen Präparaten	13
2.3	Ergebnisse und Diskussion.....	14
2.4	Schlussfolgerungen aus der Vorstudie.....	18
2.5	Zusammenfassendes Fazit der Vorstudie	20
3	Hauptstudie	21
3.1	Probanden	21
3.2	Ethikvotum	21
3.3	Methoden	22
3.3.1	Equipment.....	22
3.3.2	Untersuchungsaufbau.....	22
3.3.3	Grundeinstellung des Ultraschallgerätes im B-mode	23
3.3.4	Ablauf der Ultraschalluntersuchung	26
3.3.5	Softwareauswertung definierter Messstrecken	33
3.3.6	Statistische Auswertungsmethoden	38
3.3.7	Elastographie.....	40
4	Ergebnisse	42
4.1	Statistische Auswertung der Ultraschalluntersuchungen	42
4.1.1	Probandenkollektiv	42
4.1.2	Deskriptive Statistik der Dicken-Messwerte	45
4.1.3	Signifikanzprüfungen der Dicken-Messwerte	49

4.1.4	Zusammenfassung der statistischen Ergebnisse.....	57
4.2	Klinische Untersuchungsergebnisse	59
4.2.1	B-mode-Sonographie.....	59
4.2.2	Farbduplexsonographie	72
4.2.3	Elastographie.....	73
4.2.4	Cheilitis granulomatosa.....	75
4.2.5	Panoramaaufnahmen	77
4.2.6	Zusammenfassung der klinischen Untersuchungsergebnisse	78
5	Diskussion.....	79
5.1	Studienteilnehmer	79
5.2	Methoden und Ergebnisse	81
5.3	Schlussfolgerungen	112
6	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	113
7	Anhang.....	119

1 Einleitung

1.1 Hinführung zum Thema

Eine intakte Morphologie der Mundlippen (Schleimhaut, Subkutis und Muskulatur) ist essentiell für die Primärfunktion der Nahrungsaufnahme und für die Sekundärfunktion der Artikulation. Wenn diese morphologischen Strukturen gestört sind (Verletzungen, Implantate, Vernarbungen, angeborene Fehlbildungen etc.), können Mundschluss- bzw. Artikulationsprobleme resultieren, die die Funktionsfähigkeit der Lippen beeinträchtigen und mitunter sogar zu Arbeits- oder Berufsunfähigkeit (z.B. Blasmusiker) führen. Daher ist es für den untersuchenden Arzt¹ sehr wichtig, über ein geeignetes Spektrum von Untersuchungsmethoden zu verfügen.

Die Untersuchung der Mundlippen beschränkt sich im klinischen Alltag häufig auf Blickdiagnose und Palpation. Weiterführende (bildgebende) Untersuchungsmethoden haben bislang nicht flächendeckend Einzug gehalten und finden meist nur Anwendung bei wissenschaftlichen Studien. Mittels hochauflösenden Ultraschalls ist es jedoch heute schon möglich, die Mundlippen in toto inklusive der muskulären Grundlage, des Musculus orbicularis oris (MOO), gezielt zu untersuchen und dabei die Morphologie sowie die Funktion zu beurteilen. Die bislang in der Literatur beschriebenen Ultraschall-Untersuchungsmethoden unterscheiden sich mitunter erheblich, wurden bis jetzt nicht standardisiert und sind damit untereinander nur eingeschränkt vergleichbar. Eine Vergleichbarkeit der Untersuchungsmethoden ist aber eine für die Ultraschalluntersuchung des Mundbereichs relevante und erforderliche Grundlage im Hinblick auf die routinemäßige Anwendung im klinischen Alltag. So wurden beispielsweise bislang nur wenige Aussagen zu den im Ultraschall sichtbaren Strukturen oder zu den topographisch-anatomischen Lagebeziehungen gemacht.

Die vorliegende Dissertationsschrift wurde daher dem Ziel gewidmet, wesentliche Aspekte der Ultraschalluntersuchung der Mundlippen aufzuzeigen und somit Hinweise für eine Standardisierung der Untersuchungsmethode zu liefern.

Im Rahmen dieser Dissertation wurde eine Vorstudie an 29 Probanden durchgeführt, die dem Zwecke diente, das geeignete Equipment zu finden, eine histologische Verifizierung der Ultraschallaufnahmen durchzuführen und erste Messungen des MOO vorzunehmen. Es folgte dann die eigentliche Studie, bei der an 78 Probanden Dickenmessungen des MOO durchgeführt wurden.

¹ Im Folgenden werden allgemein eingeschlechtliche Bezeichnungen verwendet, die jedoch immer Männer und Frauen gleichermaßen bezeichnen sollen.

1.2 Anatomie der Lippenmuskulatur von 1724-2018

Die topographisch-anatomische Aufarbeitung der Lippenregion beschäftigte in den Jahren von 1724 bis heute zahlreiche Anatomen (darunter unter anderem: G.D. Santorini [84], J.B. Winslow [100], J. Cruveilhier [17], C.L. Merkel [55], C. Aeby [1], J. Henle [32], W. Henke [31]). Die Frage nach Aufbau, Ursprüngen und Ansätzen des Musculus orbicularis oris (MOO) konnte bis heute nicht abschließend geklärt werden. Verkompliziert wird die Frage nach Ansätzen und Ursprüngen des MOO durch seine Aufhängung an der Gesichtsmuskulatur. Der MOO hat dadurch keine direkte skelettale Anbindung, was für die ausgedehnte dreidimensionale Motilität von wesentlicher Bedeutung ist und dafür sorgt, dass es kein klassisches Punctum fixum und Punctum mobile gibt. Die extrem feine und komplizierte dreidimensionale Anordnung seiner Muskelfasern machte es frühen Anatomen fast unmöglich, ein eindeutiges Bild von der Gesamtstruktur und der Funktion des Mundschließers zu zeichnen. Histologisch wurde klar, dass der MOO sich als komplexes dreidimensionales Gebilde aus einer Vielzahl von Fasern unterschiedlicher Gesichtsmuskeln speist [82].

Erkenntnisse zu Aufbau und Funktion stammen nicht nur von anatomischen Leichensektionen, sondern auch von Erfahrungen durch chirurgische Eingriffe an Patienten mit Lippen(-Kiefer-Gaumen)spalten oder Lippenverletzungen [47,90]. Speziell bei Lippenspalten besteht heute ein breites Anwendungsfeld für die Sonographie [53,72,79,89,103].

Die Untersuchungen des Faserverlaufes der mimischen Gesichtsmuskulatur in und um den MOO und der damit verbundene Diskurs werden mit modernen bildgebenden Verfahren (Ultraschall [52,80,93] und Magnetresonanztomografie [MRT]) fortgeführt [10].

Im Rahmen dieser Arbeit wird der MOO in die tiefen Anteile Pars peripheralis, Pars marginalis und den oberflächlichen Anteil Pars superficialis eingeteilt und hiermit den seit über 120 Jahren bestehenden systematischen Ausführungen von Roy, Nicolau und Park et al. gefolgt [61,65,82].

1.3 Historie der Ultraschalluntersuchungen des M. orbicularis oris

Die Sonographie ermöglicht es, Morphologie und Funktion der Mundlippen nicht invasiv und nicht strahlenbelastend, sowie kostengünstig zu untersuchen.

Mit hochauflösenden Ultraschallgeräten können die unterschiedlichen Anteile des MOO dargestellt und von anderen Strukturen (z.B. Drüsen) abgegrenzt werden [40]. Bereits in den späten achtziger Jahren wurden die Konturen des MOO von Frühwald et al. [7,28,27] sonographisch erfasst.

In der klinischen Routine hat sich die Anwendung von Linearschallköpfen durchgesetzt, da diese über die höchste Auflösung im Nahbereich verfügen. Parallel zur steigenden Ultraschallfrequenz der Schallköpfe stieg auch die Auflösung der Ultraschallgeräte, was zur Folge hat, dass jüngere Untersuchungen bei ihren Auswertungen auf detailliertere Aufnahmen zurückgreifen können. Während Vinkka-Puhakka et al. und Frühwald et al. Ende der achtziger Jahre noch mit Sektorschallköpfen von 7,5 MHz bzw. 10 MHz arbeiteten [28,92], verwendeten spätere Gruppen Linearschallköpfe mit 10 [50,58,80], 11 [87,89], 12 [39], 13 [48,60,79], 14 [57,103], 15 [53,72,94] und 18 [40] MHz. Aktuell erreichen hochwertige Linearschallköpfe maximale Frequenzen von etwa 18 MHz.

Vinkka-Puhakka et al. legten 1989 mit ihrer Arbeit die Grundlage für alle folgenden lippensonographischen Untersuchungen und führten erstmals Messungen der Dicke des MOO durch [92]. Etwa ab 2000 begann eine Ausweitung der Ultraschalltechnik für klinische Untersuchungen der Mundlippen. Hier stand und steht bis heute die Narben- und Funktionsdiagnostik im Vordergrund, insbesondere bei Patienten mit Lippen-Kiefer(-Gaumen)spalten oder Okklusionsstörungen.

Lippen(-Kiefer-Gaumen)spalten sind eine häufige Fehlbildung (Prävalenz weltweit: 9,92 auf 10.000 Geburten [51]). Es wurden daher zahlreiche Ultraschalluntersuchungen der Lippen an Patienten mit Lippenspalten durchgeführt [53,72,79,89,103]. Außerdem fand die Sonographie Anwendung bei der Screening-Diagnostik auf sog. „*Minimal-Cleft-Lips*“ d.h. von außen nicht sichtbare Kontinuitätsunterbrechungen unter intakter Haut bzw. Schleimhaut [48,50,97]. Im Rahmen der „*Pittsburgh Oral-Facial Cleft study*“ (kurz „*POFC*“) wurden systematische humangenetische und sonographische Lippenuntersuchungen an 823 Probanden (525 Familienangehörige von Lippenspalten-Patienten und 257 Kontroll-Probanden) durchgeführt [60,96].

Mehrere Ultraschalluntersuchungen an Kindern verglichen den Effekt von perioralem Muskeltraining auf die sonographisch gemessene Lippendicke mit verschiedenen Stadien der Malokklusion und Kontrollgruppen [73,77]. Auch die Auswirkungen von Muskeltraining auf den MOO bei adenotonsillektomierten Kindern wurden sonographisch evaluiert [39]. Die langfristigen Folgen von Fazialispareesen auf die Gesichtsmuskulatur (Atrophie der mimischen Muskulatur) wurden ebenfalls mittels Ultraschall untersucht [93,95,94]. Ebenso wurden sonographische Untersuchungen nach Lippenverletzungen durchgeführt [41].

Heute ist die sonographische Lippenuntersuchung in vielen Ländern Bestandteil der erweiterten Pränataldiagnostik mittels 3D-Ultraschall [15,36].

Neben den o.g. Anwendungen, an Patienten, deren Angehörigen und Kontrollgruppen gesunder Probanden, ist bislang keine Studie zur standardisierten Ultraschalluntersuchung der Lippen gesunder Probanden erschienen. Auch im Bereich der Musikermedizin wurden, mit Ausnahme von Lefarth et al. [40], bislang keine klinischen Ultraschallstudien der Lippen publiziert, obwohl die sonographische Lippenuntersuchung in der Musikermedizin bekannt ist [4]. Kenntnisse zur Sonomorphologie der Lippenmuskulatur sind insbesondere bei Verdacht auf Verletzung des MOO durch „overuse“ (Überbeanspruchung), relevant [70]. Derartige (Teil-) Rupturen des MOO bei Blechbläsern sind -nach dem Jazztrompeter Louis Armstrong- als sog. „*Satchmo-Syndrom*“ bekannt [70].

Die im Folgenden dargestellte Ultraschallstudie der Lippen von Blechbläsern kann daher als Grundlagenarbeit angesehen werden.

1.4 Ziele der Arbeit

1. Standardisierung der klinischen Ultraschalluntersuchung der Mundlippen
2. Dickenmessungen der Lippenmuskulatur gesunder Probanden mittels Ultraschall
3. Anwendbarkeitsstudie: Dickenvergleiche des MOO zwischen Blechblasmusikern und Nicht-Blechbläsern zur Beantwortung der Frage, ob (trainingsbedingte) Unterschiede bestehen

2 Vorstudie

2.1 Probanden der Vorstudie

Die Probanden (n= 29, 24 männlich (m) und 5 weiblich (w) im Alter von 21 bis 72 Jahren) wurden aus der Bläusersprechstunde des Selbstständigen Funktionsbereichs für Phoniatrie und Pädaudiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf rekrutiert.

2.2 Methoden der Vorstudie

2.2.1 Equipment

Zur Untersuchung wurde hochauflösendes Ultraschallequipment der Firma Hitachi Medical Systems GmbH / Wiesbaden eingesetzt (Hitachi HI VISION Avius® mit Linearschallkopf L75 5,0-18,0 MHz). Als Vorlaufstrecke wurde handelsübliches Schallgel verwendet.

2.2.2 Ablauf der sonographischen Mundlippen-Untersuchung

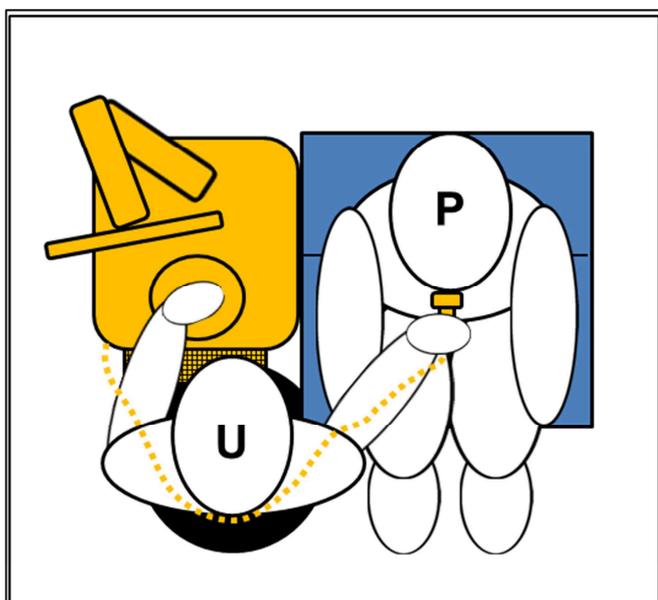


Abb. 2.1: Untersuchungsaufbau Vorstudie

P = Proband (aufrecht sitzend), U= Untersucher,
Blau = Untersuchungstuhl (Rückenlehne in 90°
Position), Gelb = Ultraschallgerät mit Schallkopf
und Kabel

Die Probanden wurden auf einem Untersuchungsstuhl in aufrecht sitzender Position mit Kopfhaltung in Normal-Null-Stellung sonographiert. Rechts vom Proband war der Untersucher mit dem Ultraschallgerät positioniert (s. Abb. 2.1). Der Proband wurde aufgefordert, den Mund ohne Anspannung geschlossen zu halten. Danach wurde ungefähr 0,5 cm dick Schallgel aufgetragen. Die Mundlippen wurden dynamisch sagittal und transversal durchmustert und die Untersuchung dabei vom Untersucher kommentiert. Die Mundlippensonographie wurde kontinuierlich ohne größere

Pausen vorgenommen.

Die Ultraschalluntersuchungen wurden als Videodateien im AVI (=Audio Video Interleave) -Format (d.h. als vertonte Videosequenzen) gespeichert. Hierdurch war es im Nachhinein möglich, die Untersuchungen auszuwerten und sich anhand der aufgezeichneten mündlichen Kommentare des Untersuchers im Bild zu orientieren.

2.2.3 Definition der Schnittebenen und Messstrecken

Im Anschluss an die zunächst rein klinisch-deskriptive Ultraschalluntersuchung der Mundlippen in 2 Ebenen (transversal und sagittal), erschien eine Definition der genaueren Untersuchungsebenen sinnvoll. Ausgangspunkt war für alle Untersuchungen die mediane Körperachse im Verlauf durch die Lippen, von welcher aus die weiteren Untersuchungsebenen nach Lage des Schallkopfes wie folgt definiert wurden (s. Abb. 2.2, Abb. 2.3 und Abb. 2.4):

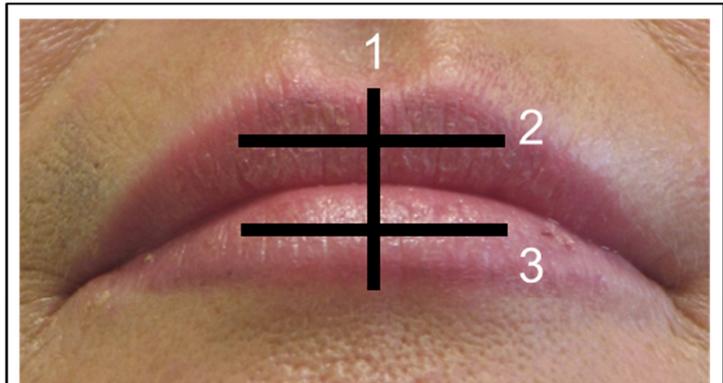
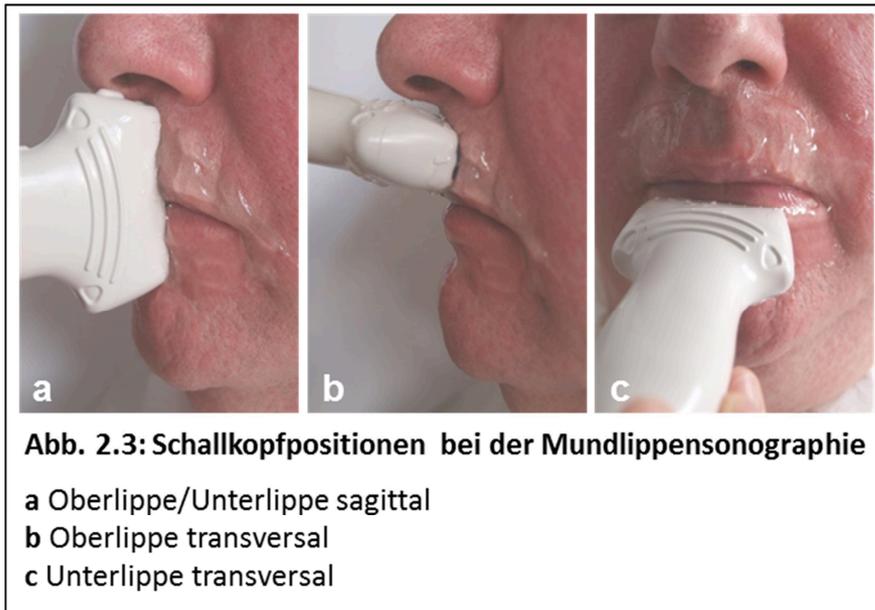


Abb. 2.2: Schnitfführung der Mundlippen-sonographie im Rahmen der Vorstudie

1 mediansagittale Schnittebene
2 und 3 transversale Schnittebenen

1. sagittal durch die Oberlippe (OL) und durch die Unterlippe (UL)
2. transversal durch die OL
3. transversal durch die UL.



Während der dynamischen Untersuchungen wurde der Schallkopf median auf die OL bzw. UL aufgesetzt und die Lippen jeweils gemeinsam sagittal (aufgrund der Breite des Schallkopfes ist technisch bedingt meistens sowohl die OL als auch die UL gemeinsam abgebildet) und einzeln transversal untersucht, sodass aus den o.g. 3 Schnittebenen 4 verschiedene Ultraschall-Standbilder (s. Abb. 2.4 a'-d') resultierten. Diese wurden als „Oberlippe sagittal median“, „Oberlippe transversal median“, „Unterlippe sagittal median“ und „Unterlippe transversal median“ bezeichnet.

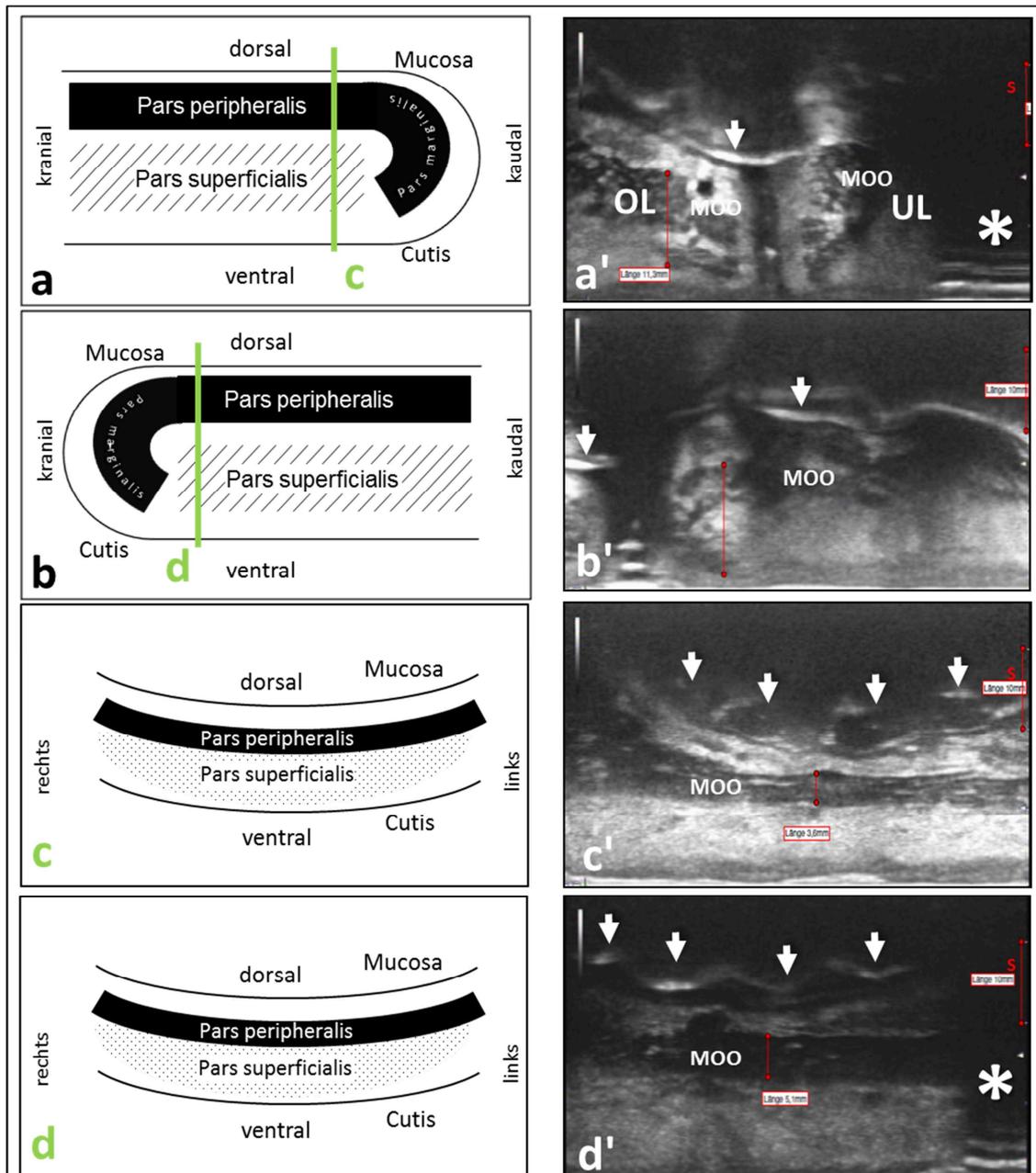


Abb. 2.4: Sonoanatomie des MOO (schematisch und in vivo)

Links = schematische Darstellung

- a** Sagittalschnitt Oberlippe (OL)
Die grüne Linie markiert die transversale
Schnittebene, welche in **c** dargestellt ist.
- b** Sagittalschnitt Unterlippe (UL) analog zu **a**
- c** Transversalschnitt OL
- d** Transversalschnitt UL

**Rechts = sonographische Darstellung mit
Messungen des MOO**

- a'** Mediosagittalschnitt der Oberlippe (OL)
- b'** Mediosagittalschnitt der Unterlippe (UL)
- c'** Transversalschnitt der Oberlippe
- d'** Transversalschnitt der Unterlippe

Links: Aufgrund der Schnitthöhe ist die Pars marginalis nicht sichtbar. **Rechts:** Die dichten Faserbündel des **MOO** sind abgrenzbar. **Rot** markiert sind die Messtrecken, rechts am Rand ist die 1 cm Messskala (**s**) sichtbar. Das weiße Sternchen in (**Abb. a' und d'**) markiert Abkopplungsartefakte. **Abb. c, d, c', d':** Transversalschnitte von OL und UL sind anhand der Zahnkonfiguration (weiße Pfeile) zu unterscheiden.

Am vorhandenen Bildmaterial wurden Dickenmessungen der Mundlippenmuskulatur vorgenommen (s. Abb. 2.4 a'-d'). Hierbei wurde jedoch nicht nur, wie sonst üblich, die Muskeldicke des MOO der Oberlippe transversal gemessen [9,14,39,48,50,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,92,93,98].

Vielmehr wurde auch die sagittale Muskeldicke der OL [92,93] bestimmt. Zudem wurden die Messungen an der UL nicht nur transversal sondern zusätzlich noch sagittal [92] durchgeführt.

Messungen des MOO erfolgten somit in beiden Schnittebenen, und zwar mit Hilfe einer speziellen Software (rpSzene[®], Version 8.0 [2006-2010], Rehder/Partner GmbH / Hamburg).

Die vier Messstrecken wurden wie folgt definiert:

In sagittalen Schnittebenen wurde jeweils für OL und UL die größte Strecke des MOO von außen nach innen bestimmt, ausgehend vom äußersten Ende der Pars marginalis (s. Abb. 2.4 a', b') und endend am Übergang von Pars marginalis zur Pars peripheralis.

In transversalen Schnittebenen wurde die Dicke möglichst in der Mitte der Pars peripheralis des MOO gemessen (s. Abb. 2.4 c', d').

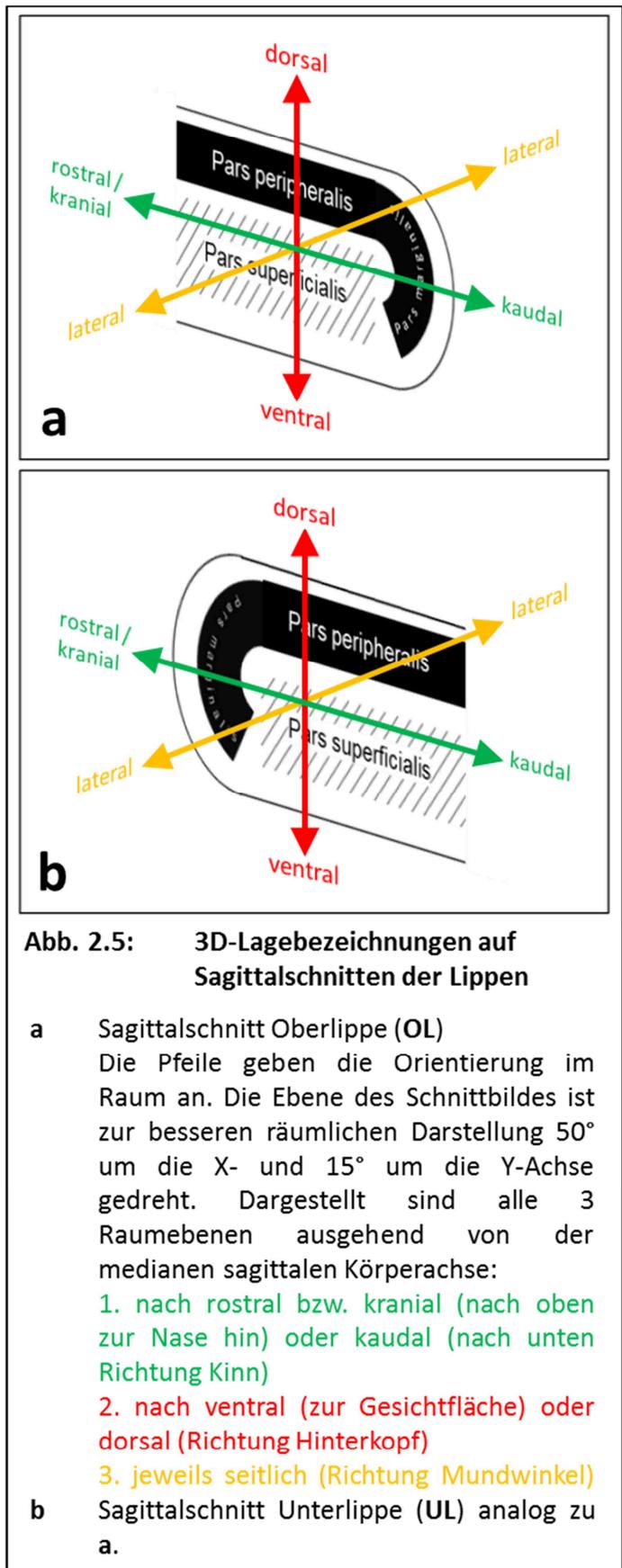


Abb. 2.5: 3D-Lagebezeichnungen auf Sagittalschnitten der Lippen

- a** Sagittalschnitt Oberlippe (OL)
Die Pfeile geben die Orientierung im Raum an. Die Ebene des Schnittbildes ist zur besseren räumlichen Darstellung 50° um die X- und 15° um die Y-Achse gedreht. Dargestellt sind alle 3 Raumebenen ausgehend von der medianen sagittalen Körperachse:
1. nach rostral bzw. kranial (nach oben zur Nase hin) oder kaudal (nach unten Richtung Kinn)
 2. nach ventral (zur Gesichtfläche) oder dorsal (Richtung Hinterkopf)
 3. jeweils seitlich (Richtung Mundwinkel)
- b** Sagittalschnitt Unterlippe (UL) analog zu a.

Die Orientierung auf den gewonnenen Ultraschallaufnahmen gestaltet sich für den ungeübten Betrachter komplex, da es sich um hochauflösende Nahaufnahmen handelt und ein spezifisches anatomisches Vorwissen zur Erkennung der abgebildeten Strukturen von großer Hilfe ist, wie auch schon McAllister feststellte [54]. Die räumliche Orientierung folgt am Kopf einer speziellen Nomenklatur, da die allgemeinen anatomischen Richtungsbezeichnungen („kranial“= kopfwärts) nur bedingt anwendbar sind, weil die Untersuchung ja bereits am Kopf stattfindet. Die sinnvollere anatomische Angabe lautet in diesem Fall „rostral“ (= schnabelwärts; s. Abb. 2.5).

2.2.4 Auswahl des Schallkopfes

Im Nahbereich ist eine möglichst hohe Auflösung erforderlich. Dort bieten Linearschallköpfe die höchste Auflösung [33]. Prinzipiell fanden in älteren Arbeiten auch Sektorschallköpfe Anwendung [7,92], die Untersuchung hiermit war jedoch durch die geringe Auflösung deutlich limitiert, sodass in neueren Arbeiten dem Linearverfahren der Vorzug gegeben wird [9,14,39,48,50,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,93,98,103]. Dem Linearschallverfahren ist geschuldet, dass für eine Verbreiterung des erfassbaren Messbereichs auch die Breite des Schallgebers zunehmen muss [99]. Bei Verwendung eines breiten Schallkopfes besteht wiederum eine größere Gefahr von Abkopplungsartefakten (speziell im Mundwinkelbereich und insbesondere bei spitzen Gesichtern mit stark gewölbten Lippen). Bei Verwendung schmalerer Schallköpfe ergibt sich andererseits das Problem, dass nur ein kleinerer Anteil der Mundlippe abgebildet werden kann. Limitierender Faktor bei der Ultraschalluntersuchung der Mundlippen ist das Aufsetzen des Schallkopfes auf die gewölbten Oberflächen, weshalb der Schallkopf im Randbereich leicht abkoppeln kann und sich eine Erhöhung des Anpressdruckes, anders als beispielsweise in der Abdomensonographie [33], bedingt durch das weiche Gewebe der Mundlippe negativ auf die Bildqualität auswirkt.

Im Bereich der Zahnkronen treten regelmäßig sog. Reverberationsartefakte oder auch Wiederholungsechos auf [23]. Dies ist physikalisch erklärbar, da Reverberationsartefakte durch starke Reflexion an schalldichten Oberflächen wie Knochen oder Zähnen entstehen [23]. Weil die Mundlippen generell unter 2 cm Dicke aufweisen [87], befindet man sich hier zwangsläufig untersuchungsbedingt im Nahbereich, wodurch eine starke Reflexion der Ultraschallwellen an intraoralen Grenzflächen (vor allem am Übergang vom mit Speichel gefüllten Vestibulum oris zu den absolut schalldichten Zähnen) resultieren kann.

Eine optimale sonographische Lippenaufnahme definiert sich folglich durch einen möglichst großen abgebildeten Untersuchungsbereich, ohne

Abkopplungsartefakte und ohne größere Kompressionszonen der Weichgewebe.

2.2.5 Auswahl der Vorlaufstrecke

Die Verwendung eines Wasserbades als Vorlaufstrecke relativiert diese Probleme, ist aber im klinischen Alltag nicht praktikabel und findet nur bei rein wissenschaftlichen Untersuchungen Anwendung [21,92]. Ziel war es jedoch, ein Verfahren zu wählen, welches im klinischen Alltag vorhandene Ressourcen nutzt und leicht verfügbar ist.

Die gängige Vorlaufstrecke bei der Mundlippensonographie stellt herkömmliches Schallgel dar [9,14,40,50,58,60,72,77,79,80,87,89,93,98,103]. Dieses wurde bis zu 1 cm dick aufgetragen [88].

Die übliche Eindringtiefe von 10 MHz-Schallköpfen liegt bei maximal 4 cm [83] und ist somit absolut ausreichend für Untersuchungen der Mundlippen.

Die Verwendung einer standardisierten, immer 1 cm dicken, Vorlaufstrecke auf Gelbasis wurde mit Hilfe eines Gel-Pads (Aquaflex® Ultrasound GEL-Pad 1 cm; Parker Laboratories Inc. / Fairfield, NJ, USA) (vgl. Abb. 2.6) getestet, um zu untersuchen, ob die Verwendung einer definierten Vorlaufstrecke eventuell Vorteile gegenüber der Applikation herkömmlichen Ultraschallgels bei der Ultraschalluntersuchung der Lippen bringen könnte. Insbesondere stellte sich die Frage, ob die Reproduzierbarkeit der Untersuchung durch eine feste Vorlaufstrecke verbessert werden könnte.



**Abb. 2.6: Aquaflex®
ULTRASOUND GEL-Pad**
Beispielhafte Abbildung eines Aquaflex®
ULTRASOUND GEL-Pads der Firma Parker
Laboratories Inc. / Fairfield, NJ, USA.

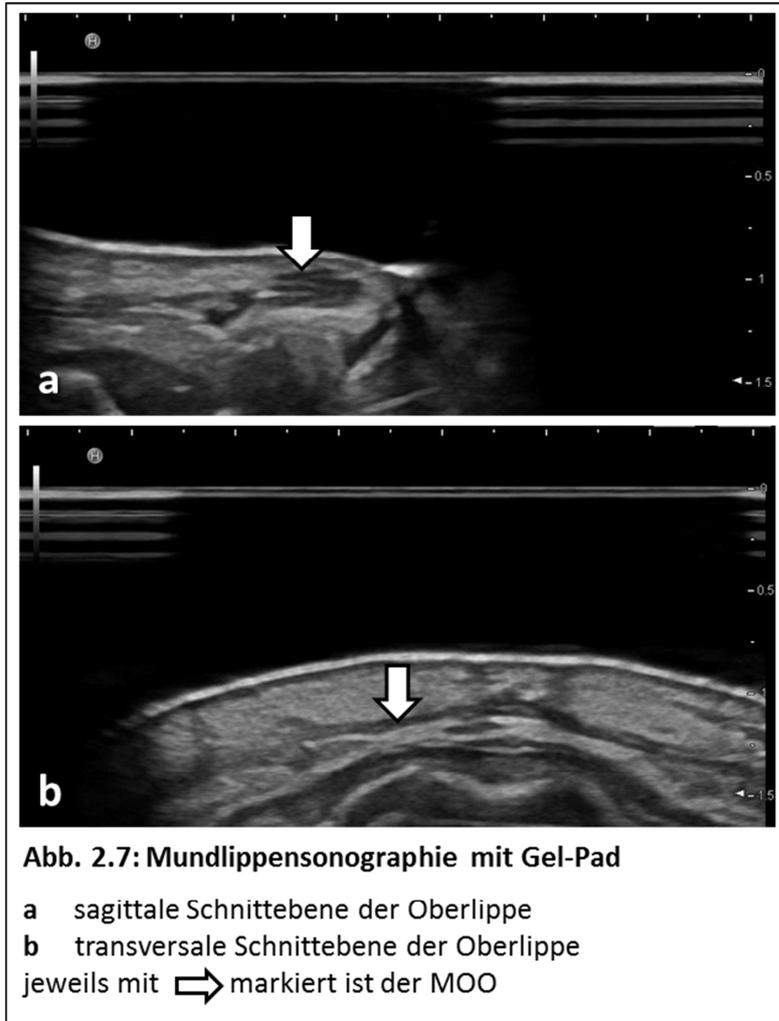
Nachteile bei der Verwendung von Gel-Pads sind:

1. ein deutlich höherer Preis als Schallgel. Die Kosten für ein Pad von 10 cm² liegen bei etwa 30 Euro, dies ist ausreichend für etwa 5 Applikationen. Das Pad muss aus den USA importiert werden. Im Gegensatz dazu kostet

GEL-Pad abgedruckt mit freundlicher Genehmigung der Firma Parker Laboratories Inc.

herkömmliches Schallgel pro Liter weniger als 4 Euro und ermöglicht vielfache Untersuchungen.

2. eine deutlich erschwerte Anwendbarkeit. Das Pad verrutscht leichter als Gel, weil es sich nicht so gut der Gesichtskontur und den gewölbten Lippen anpassen kann (s. Abb. 2.7).



Vorteile bei der Verwendung von Gel-Pads sind:

1. Der Komfort für die Probanden ist subjektiv etwas höher als beim herkömmlichen Schallgel, da kein Gel in den Mundraum gelangen kann.
2. Die Vorlaufstrecke ist immer gleich definiert.

Fazit: Die Verwendung einer festen Vorlaufstrecke auf Gel-Basis ist klinisch vor allem wegen der komplizierten Anwendung und der hohen Kosten nicht praktikabel, daher ist herkömmliches Schallgel vorzuziehen.

2.2.6 Vergleich mit anatomischen Präparaten

Schon Vinkka-Puhakka [92] hatte als Basis für seine Beschreibungen der Lippenmuskulatur auf die Arbeiten früherer Anatomen (u.a. Lightoller [42], Nairn [59], Delaire [19], sowie Pensler [69]) zurückgegriffen.

Wir haben deshalb zur mikroskopischen Untersuchung eigene histologische Schnitte der Mundlippen in transversalen und sagittalen Ebenen angefertigt. Hierzu wurden in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. med. A. Prescher (Institut für Molekulare und Zelluläre Anatomie der RWTH Aachen) unfixierte Präparate fünf männlicher Körperspender (Alter: 72-83 J.) aufgearbeitet. Diese histologischen Präparate dienen zur Verifizierung der im Ultraschall sichtbaren Strukturen.

Die histologischen Schnitte der OL und UL korrespondierten mit den sonographischen Schnittebenen. Auf diese Weise konnten im direkten Vergleich Gefäße, Drüsen und Muskulatur der Mundlippen in den Ultraschallbildern von 29 lebenden Probanden identifiziert werden.

Andere Autoren, insbesondere Anatomen, haben Dickenmessungen des MOO makroskopisch [26] und mikroskopisch [34] durchgeführt. (Sonographische) Messungen an Lebenden sind Messungen in vitro an anatomischen Präparaten jedoch grundsätzlich überlegen, da sie nicht invasiv messen und Schrumpfungartefakte vermeiden [13], weshalb bei der histologischen Aufarbeitung im Rahmen der Vorstudie auf Messungen verzichtet wurde.

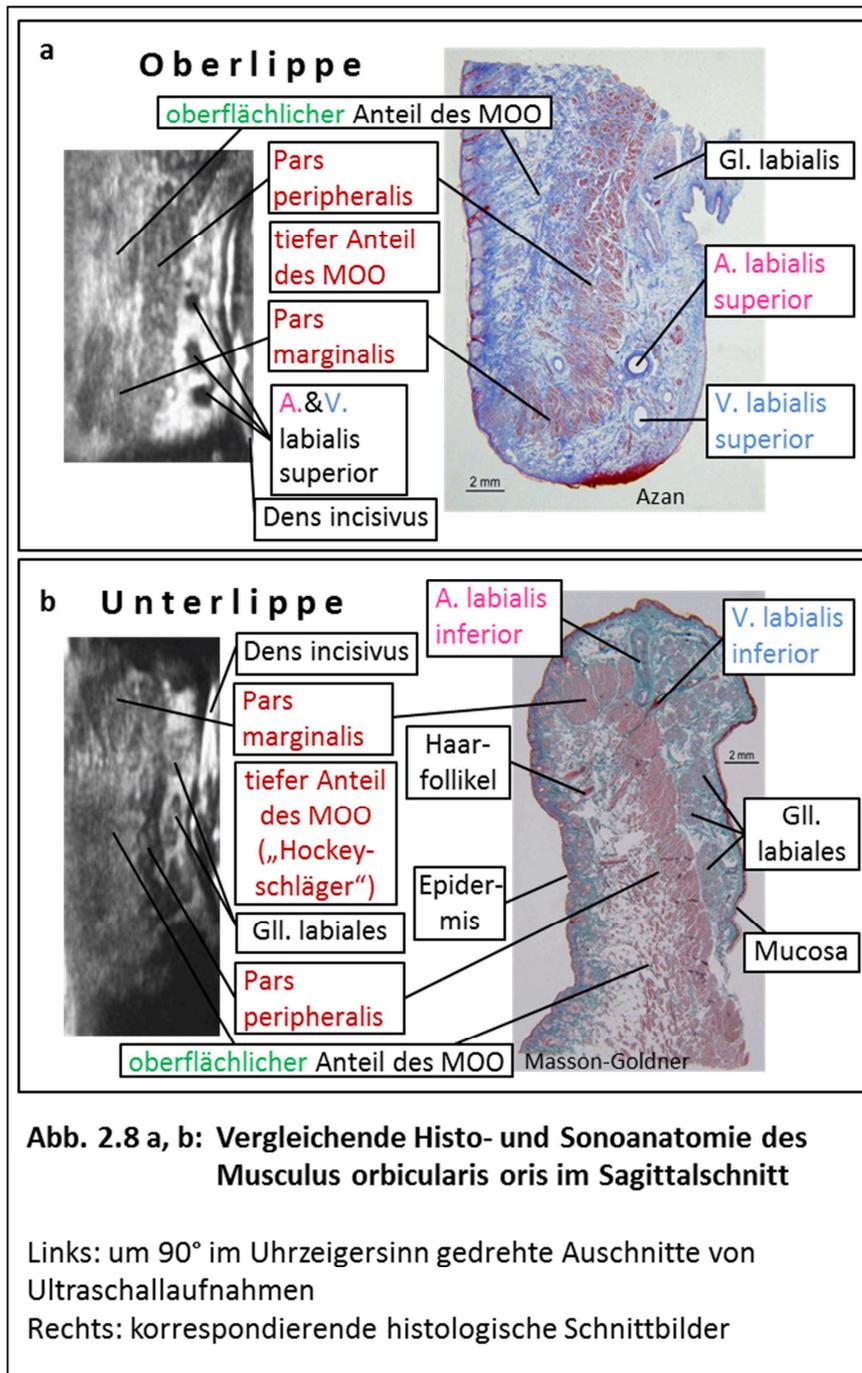
Durch die Gruppe um Weinberg, Neiswanger, Rogers und Marazita wurden im Rahmen der *POFC* [96] gefrorene Leichen (n=32) erst mittels Ultraschall untersucht und dieselben Präparate dann im Anschluss histologisch aufgearbeitet [48,80], was als „Goldstandard“ zu werten ist, weil hierbei 1. das Untersuchungsobjekt beider Methoden identisch ist und 2. durch die Art der Fixation das anatomische Präparat nahezu unverändert erhalten wird.

Im Gegensatz zur *POFC* wurden im Rahmen der vorliegenden Vorstudie aus Gründen der Verfügbarkeit bei der histologischen Aufarbeitung des MOO unfixierte Leichen verwendet und mit den Ultraschallbildern lebender Probanden verglichen.

2.3 Ergebnisse und Diskussion

In den sagittalen Schnittebenen hat die tiefe Schicht des MOO die charakteristische Konfiguration eines Feldhockeyschlägers (verkürzt „Hockeyschläger“). Nach Park et al. [65] wird diese tiefe Schicht in eine Pars marginalis (PM) und eine Pars peripheralis (PP) gegliedert. Darüber liegt die oberflächliche Schicht aus einstrahlenden Fasern der mimischen Gesichtsmuskulatur, die Pars superficialis (PS). Sowohl histologisch als auch sonographisch waren PM und PP jeweils gut zu erkennen (s. Abb. 2.8 und 2.9). Die PS ließ sich sonographisch nicht eindeutig von den restlichen Lippenweichteilen abgrenzen, während sich histologisch in der Subkutis Muskelfasern der PS zusammen mit lockerem Bindegewebe nachweisen ließen (s. Abb. 2.8 und 2.9).

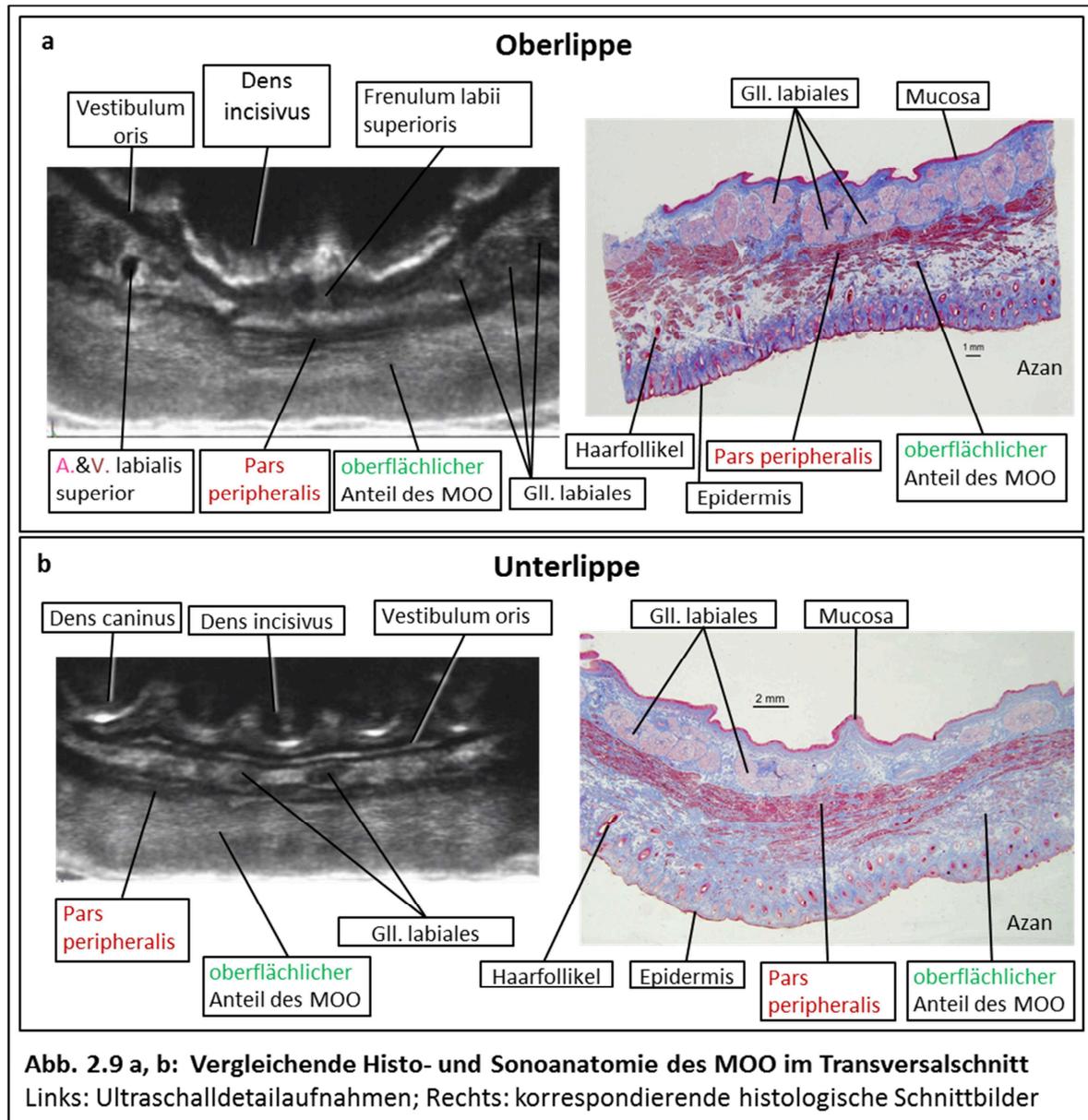
Bei der transversalen Ultraschalluntersuchung des MOO zeigt sich mittig liegend die Pars peripheralis als durchgehendes echoarmes Band (dies ist für oberflächliche Muskulatur üblich [83]). Ventral davon liegt die PS, dorsal Richtung Mundraum eine Bindegewebsschicht mit Lippendrüsen (Gl. labiales) und abschließender Mukosa (s. Abb. 2.8, 2.9 und 2.10).



Im Unterschied zu den Ultraschallaufnahmen sind technisch bedingt bei den histologischen Schnitten keine Zähne abgebildet. Im Vergleich ist sichtbar, dass histologische Transversalschnitte von OL und UL sich ohne Angabe der Entnahmestelle nicht voneinander unterscheiden lassen (s. Abb. 2.9). Dies ist bei den sonographischen Aufnahmen aufgrund der charakteristischen

Abb. 2.8 wurde 2014 in der Zeitschrift „HNO“ (DOI 10.1007/s00106-014-2918-1) veröffentlicht und abgedruckt mit freundlicher Genehmigung der Springer Medizin Verlag GmbH.

Zahnkonfiguration problemlos möglich (s. Abb. 2.4). So sind auf transversalen Ultraschallaufnahmen der OL die vier prominenten Incisivi (Schneidezähne, s. Abb. 2.9 a) und bei der UL die in ihrer Größe homogeneren Incisivi gut erkennbar, meist zeigen sich zusätzlich die Canini (Eckzähne, siehe Abb. 2.9 b). Auf sagittalen Ultraschallaufnahmen ist der Schnitfführung entsprechend jeweils nur die Krone eines Frontzahnes oder ein Zahnzwischenraum sichtbar (siehe Abb. 2.8 und 2.9).



Bei der histologischen Untersuchung der Mundlippen lässt sich nach Park et al. ein oberflächlicher und ein tiefer Anteil des MOO darstellen [65].

Abb. 2.9 wurde 2014 in der Zeitschrift „HNO“ (DOI 10.1007/s00106-014-2918-1) veröffentlicht und abgedruckt mit freundlicher Genehmigung der Springer Medizin Verlag GmbH.

Der oberflächliche Anteil lässt sich sonographisch in herkömmlichen B-mode-Sequenzen oftmals nicht exakt abgrenzen (er ist in Abb. 2.10 zur besseren Erkennbarkeit grün markiert). Das ist dadurch begründet, dass sich dieser oberflächliche Muskelanteil aus vielen sehr feinen mimischen Gesichtsmuskeln zusammensetzt, deren Fasern in den MOO aus unterschiedlichen Richtungen einstrahlen [65].

Der oberflächliche Anteil des MOO erweist sich im Vergleich zum übrigen Weichteilgewebe im Ultraschall als schwach hypoechogen.

Der tiefe Anteil des MOO lässt sich aufgrund seiner kompakten Struktur in den o.g. Schnittebenen meist gut abgrenzen, denn er zeigt sich im Vergleich zum oberflächlichen Anteil und zu den Lippenweichteilen noch echoarmer (s. Abb. 2.10), was auch Thijssen et. al. mittels Software-Auswertung des Echolevels feststellen konnten [87].

Neben den Lippenweichteilen und den Zähnen, lassen sich die Mundspalte und der Mundvorhof identifizieren (siehe Abb. 2.10).

Der tiefe Anteil des MOO (siehe rote Markierung in Abb. 2.10) umschließt mit seiner PM die Mundöffnung. Hierbei zeigt er sich in Form eines sog. „Feldhockeyschlägers“ oder auch „Hockeyschlägers“ [41] (im angloamerikanischen Raum auch „hook“, d.h. Haken, genannt [92]).

Allgemein konnte bei Untersuchungen mit angespannter Mundmuskulatur eine Zunahme der Dicke des MOO im Ultraschall-B-Bild beobachtet werden. Diese Dickenzunahme des MOO bei Anspannung erwies sich jedoch inter- und intraindividuell als sehr variabel. Aufgrund dieser Problematik wurde im Rahmen der Hauptstudie von Messungen im angespannten Zustand Abstand genommen. Allerdings lässt sich in Anspannung die Funktion des MOO sehr gut beurteilen, weshalb bei gezielten Fragestellungen, wie z.B. Lippenmuskelverletzungen durch Trompete Spielen [4,24,64,70,71,86], auch die Untersuchung in Anspannung durchgeführt werden sollte.

Lippen und Vestibulum oris

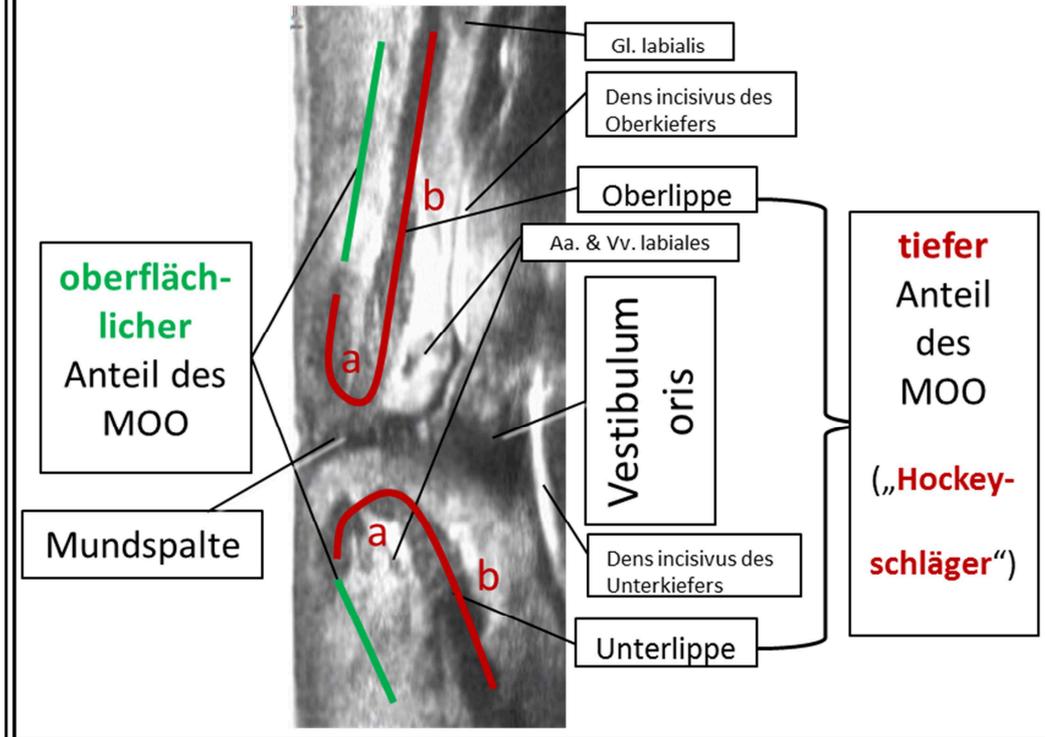


Abb. 2.10: Lippen und Vestibulum oris (im Sagittalschnitt)

Links im Bild: oberflächlicher Anteil des MOO oder auch oberflächliche Muskelschicht (Pars superficialis)

Rechts im Bild: tiefer Anteil des MOO oder auch tiefe Muskelschicht (a Pars marginalis und b P. peripheralis)

2.4 Schlussfolgerungen aus der Vorstudie

1. Bei der Untersuchung am aufrecht sitzenden Probanden wurde klar, dass eine Oberkörperschräglage die Untersuchung angenehmer gestaltet, da der den Schallkopf führende Arm des Untersuchers so eine ergonomischere Position einnimmt. Zudem verringert die leichte Schräglage des Gesichtes des Probanden ein zu schnelles Herunterfließen des aufgetragenen Schallgels.

Abb. 2.10 wurde 2014 in der Zeitschrift „HNO“ (DOI 10.1007/s00106-014-2918-1) veröffentlicht und abgedruckt mit freundlicher Genehmigung der Springer Medizin Verlag GmbH.

2. Nach Messungen ausgehend von der Medianebene, erschien es sinnvoll, ähnlich wie von van Hees et al. 2007 [88] gefordert, die Anzahl der Schnittebenen pro Mundlippe zu erhöhen, um mehr Messstrecken für die statistische Auswertung (z.B. zur Mittelwertbildung) zu gewinnen [88]. Auch würden dadurch Verzerrungen, durch teilweise unscharfe Darstellung der Ränder der Muskulatur [94] sowie durch Abkopplungsartefakte (s. Abb. 2.4 c'-d'), und daraus resultierende Abweichungen bei Einzelmessungen relativiert.

3. Der MOO ist in seiner Form konvex, weshalb der Linearschallkopf ihn nicht in seiner kompletten Ausdehnung erfassen kann. Der Linearschallkopf ist dennoch der Schallkopf der Wahl aufgrund der benötigten Hochauflösung im Nahbereich bei geringer Dicke der Mundlippen von unter 2 cm [99]. Untersuchungen sollten nach gängiger Lehrbuchmeinung in mindestens 2 Ebenen erfolgen [83].

4. Für eine bessere Reproduzierbarkeit sollten die Messstrecken anhand spezifischer „Landmarken“ eindeutig zu definieren sein. Hierfür dienten zahlreiche Arbeiten als Vorlage [9,14,39,53,58,72,73,77,79,87,89,93,103], wobei die wesentlichen Grundlagen durch Vinkka-Puhakka et al. [92] geschaffen wurden.
 Zusätzlich zu den von außen direkt sichtbaren topographischen Bezugspunkten des menschlichen Gesichtes (wie etwa den Philtrumkanten [53,93] oder anderen anthropometrischen Punkten [79]), wurden insbesondere die Frontzähne als Landmarken ausgewählt, weil diese 1. im Gegensatz zu den äußerlichen Bezugspunkten konstante, durch den Druck des Schallkopfes nicht beeinflussbare Positionen aufweisen und 2. im Rahmen des natürlichen Alterungsprozesses des Körpers deutlich weniger veränderlich sind als die Gesichtsteile. Beide Aspekte sind wichtig im Falle von Folgeuntersuchungen bzw. Verlaufskontrollen. Zudem wurde durch die Zähne als Landmarken eine Identifizierung des jeweiligen Abschnitts des Lippenmuskels erleichtert, welcher auf allen Standardaufnahmen nicht in seiner kompletten Ausdehnung darstellbar war (vgl. auch Panoramaaufnahmen in Kap. 3.3.8).

5. Dynamische Untersuchungen erlauben einen schnellen Überblick über die relevanten Strukturen der Mundregion. Zusätzlich können in Echtzeit die Bewegungen und Dickenveränderungen des MOO erfasst und videodokumentiert werden, sodass Funktionsuntersuchungen der Mundlippenmuskulatur möglich werden.

6. Neben dynamischen sind jedoch auch statische Untersuchungen (sog. "freeze" –Aufnahmen) sinnvoll. Durch die statische Untersuchung wird:
 - das Auftreten von Bewegungsartefakten bei zu schnellen Schallkopfbewegungen vermieden
 - die Bestimmung der korrekten Schnittebenen erleichtert
 - die Messung mittels Landmarken ermöglicht
 - die Mehrfachmessung mit multiplen definierten Schallkopfpositionen der selben Probanden ermöglicht [88].

7. Die Dauer einer Einzeluntersuchung konnte mit einem Zeitaufwand zwischen 5 und 10 Minuten abgeschätzt werden, was für die Studienplanung wichtig war.

2.5 Zusammenfassendes Fazit der Vorstudie

- Die Untersuchung wird durch Oberkörperschräglage des Probanden erleichtert.
- Eine größere Anzahl von Messstrecken erhöht die Genauigkeit und Aussagekraft der Ultraschalluntersuchung des MOO und ermöglicht die Bildung repräsentativer Mittelwerte.
- Für Untersuchungen im Mundlippenbereich ist ein Linearschallkopf unter Verwendung von Schallgel Mittel der Wahl.
- Eine optimale Lippenaufnahme definiert sich durch einen möglichst großen abgebildeten Untersuchungsbereich, ohne Abkopplungsartefakte und ohne größere Kompressionszonen der Weichgewebe.
- Landmarken erleichtern die Ultraschalluntersuchungen am MOO, dabei sind feste Landmarken (Frontzähne) anzustreben.
- Eine dynamische Untersuchung ermöglicht Funktionsuntersuchungen der Mundlippenmuskulatur.
- Statische Aufnahmen standardisieren und erleichtern Messungen, erhöhen deren Genauigkeit und verbessern somit die Qualität der Untersuchung.
- Die Dauer einer Ultraschalluntersuchung der Mundlippen beträgt etwa 5 -10 Minuten.

3 Hauptstudie

3.1 Probanden

Die Vorlaufzeit für die Planung der Studie und Einladung der Probanden betrug etwa 9 Monate. Das Untersuchungskollektiv bestand ursprünglich aus insgesamt 78 Personen.

Ausschlusskriterien für die Studie waren jegliche Vorerkrankungen der Mundlippe.

Es wurden insgesamt 11 Probanden von der statistischen Auswertung ausgeschlossen: Eine Patientin mit Cheilitis granulomatosa, eine Patientin mit Z.n. Plattenepithelkarzinom und Lippenteilresektion, 3 Patienten mit Lippentraumata sowie 6 Kinder unter 16 Jahren (Alter 4 - 8 Jahre) aufgrund lückenhaften Datensatzes bei zeitweiliger *Non-Compliance*.

Somit erfolgten statistische Auswertungen an 67 Personen (Geschlecht: 41 m, 26 w, Alter: 18 - 77 Jahre, Mittelwert: 43,5 Jahre, Median: 45,0 Jahre, Standardabweichung: 15,7 Jahre).

Von den übrigen 11 Probanden werden exemplarische Untersuchungen bei Narben und Cheilitis granulomatosa (CG) in Kap. 4.2 vorgestellt.

3.2 Ethikvotum

Die Untersuchungen wurden durch Votum Nr. 3840 der Ethikkommission der Med. Fakultät der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf legitimiert. Alle Probanden haben vorab ihre Zustimmung zur anonymisierten Verwendung ihrer Daten gegeben.

3.3 Methoden

3.3.1 Equipment

Für die Untersuchungen im Rahmen der Hauptstudie wurde ein Hitachi HI VISION Avius®-Ultraschallgerät (Hitachi Medical Systems GmbH, Wiesbaden; s. Abb. 3.1) genutzt. Als Schallkopf wurde ein Linearschallkopf von Hitachi verwendet (Linearscanner L75, variabler Frequenzbereich: 5,0-18,0 MHz, Untersuchungsfrequenz: 4-13 MHz).

3.3.2 Untersuchungsaufbau

Die Probanden wurden auf einer kurzen Untersuchungsliège sitzend (70° Oberkörperhochlagerung) mit Kopfhaltung in Normal-Null-Stellung untersucht.

Rechts vom Proband war der Untersucher mit dem Ultraschallgerät positioniert (s. Abb. 3.2).

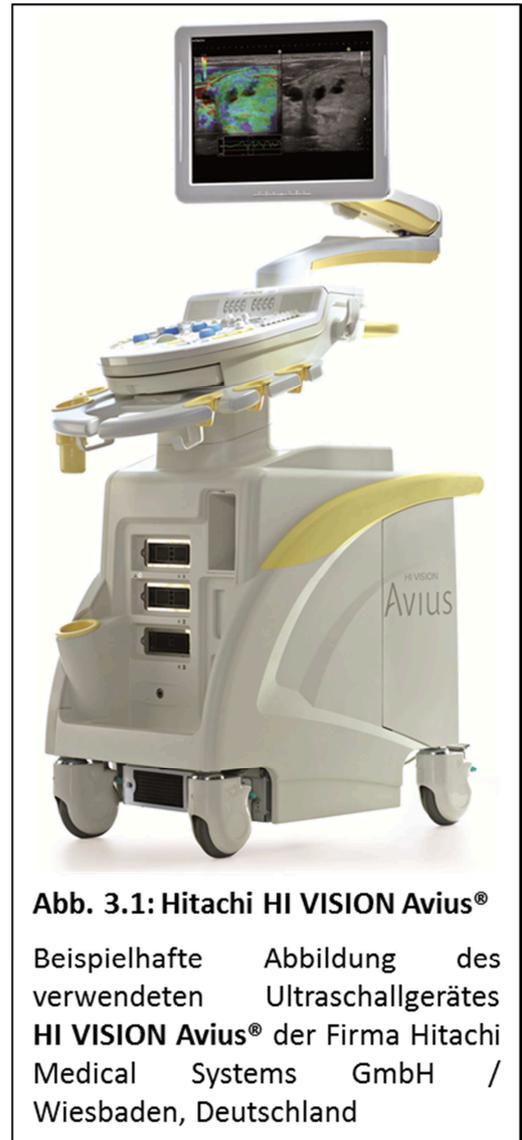
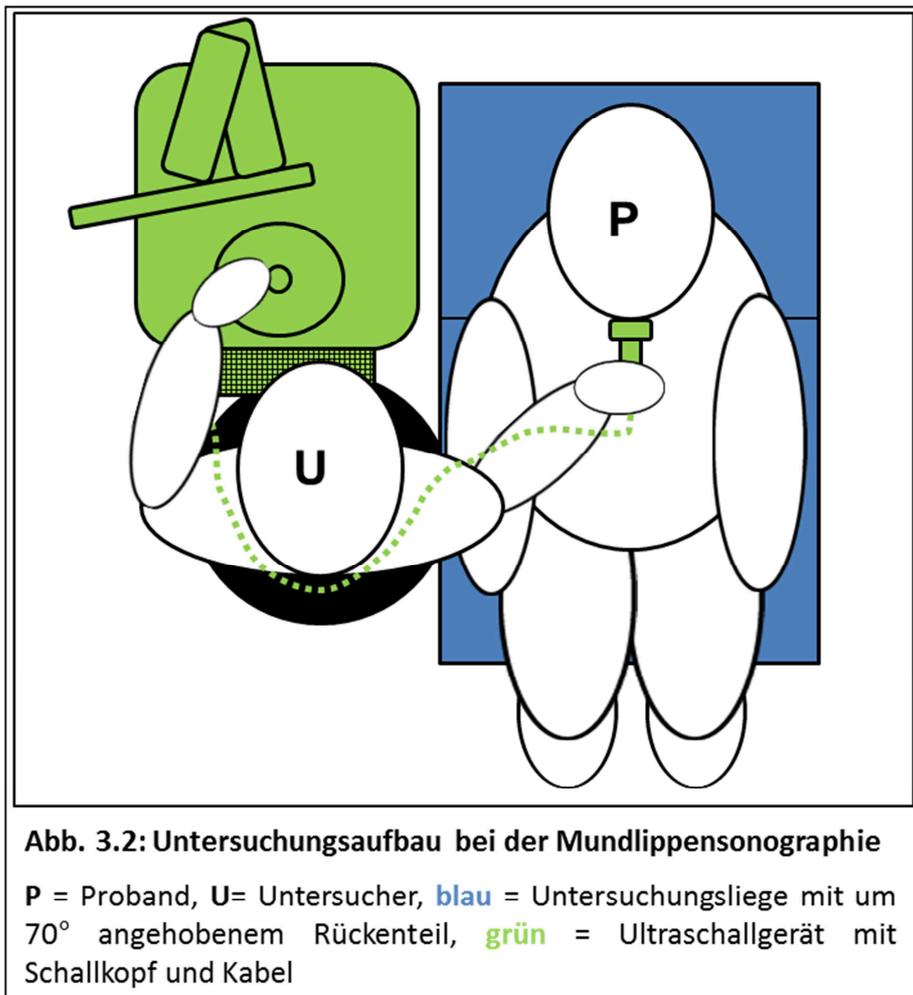


Abb. 3.1: Hitachi HI VISION Avius®

Beispielhafte Abbildung des verwendeten Ultraschallgerätes HI VISION Avius® der Firma Hitachi Medical Systems GmbH / Wiesbaden, Deutschland



3.3.3 Grundeinstellung des Ultraschallgerätes im B-mode

Es wurde eine Grundeinstellung des Gerätes vorgenommen, um bei den Weichteilaufnahmen der Lippe im Nahbereich eine bestmögliche Auflösung zu erreichen. Dabei wurde, ausgehend von Grundeinstellungen der Firma Hitachi/Tokyo für Weichteilaufnahmen, eine benutzerdefinierte Einstellung „Lippe“ gespeichert, die bei den Untersuchungen als Standard diente. Sie wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit während der Studie für alle Scans beibehalten. Die Untersuchungsfrequenz lag im Bereich zwischen 4 und 13 MHz, die Gesamtverstärkung („Gain“) war voreingestellt (Wert: 34), ebenso die Bildrate („Framerate“; Wert: 21), der mechanische Index d.h. Schalldruck (Wert: 0,8), der thermische Index für Weichgewebe (Wert: <0,4) und die Sendeleistung (Wert: 100%). Zusätzlich wurde die von Hitachi angebotene Funktion zur Verbesserung der Bildauflösung „High definition Tissue Harmonic Imaging“ (HdTHI) aktiviert und der dynamische Bereich der Grauwerte im angezeigten B-Bild (sog. „Dynamic Range“) festgelegt (Wert: 85). Eine Bildschirmlegende ist in Abb. 3.3 und die genauen Parameter der erweiterten Einstellungen sind in Abb. 3.4 dargestellt.

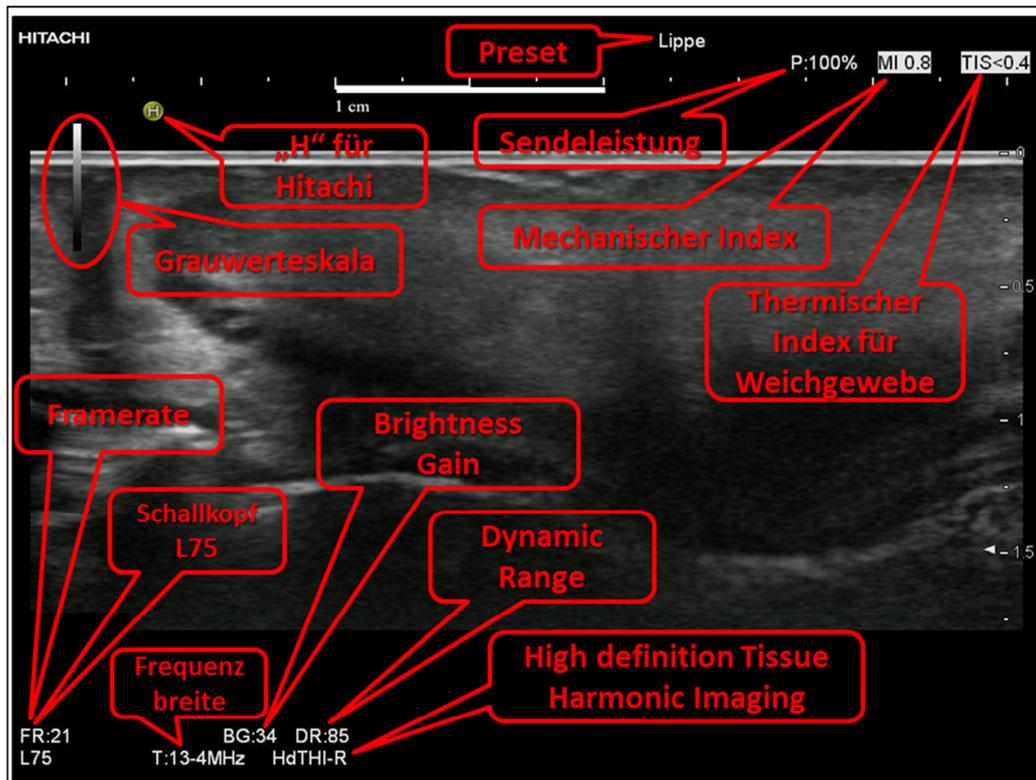


Abb. 3.3: Legende der Bildschirmanzeige des Hitachi HI VISION Avius®

Rot markiert sind die im Originalbild sichtbaren Bezeichnungen. Die Bildachsen weisen jeweils eine Skalierung in 0,25-cm-Schritten auf (weisser 1-cm-Balken via Photoshop® zur besseren Darstellung der oberen Skalierung nachträglich eingefügt).

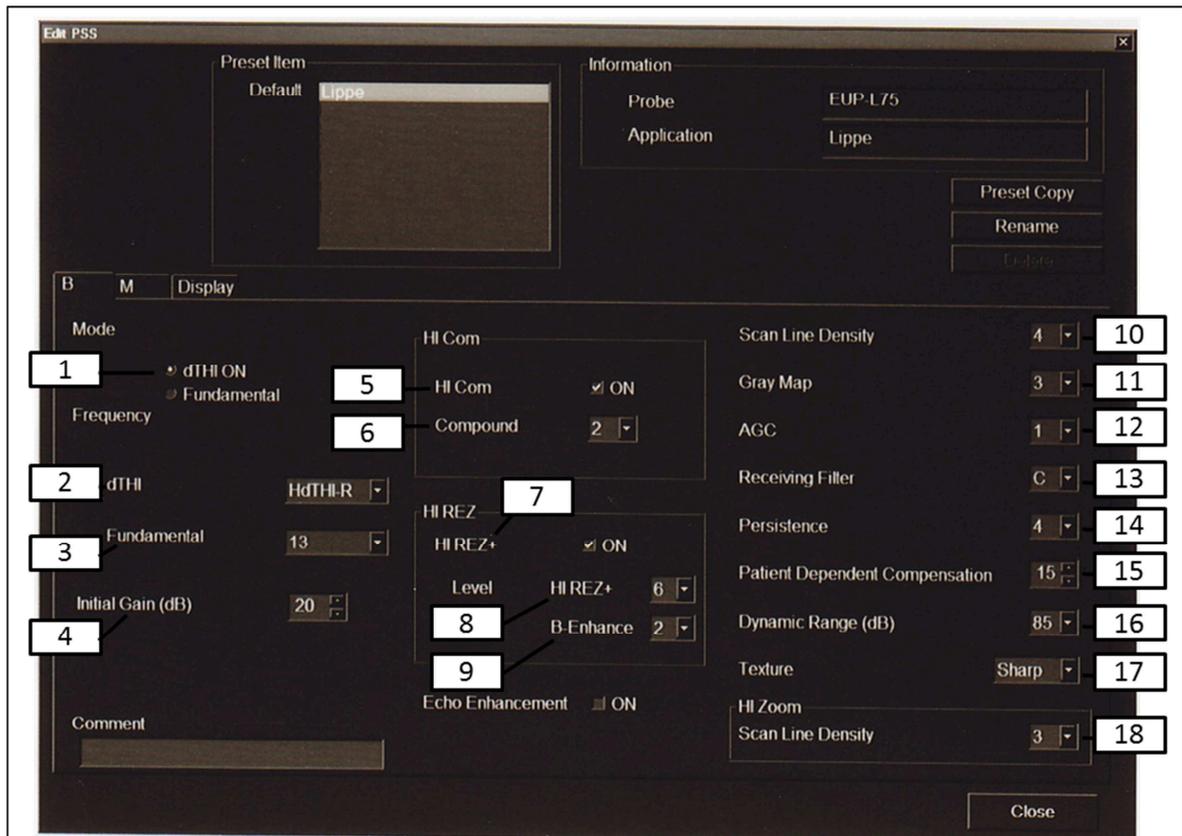


Abb. 3.4: Grundeinstellungen Hitachi HI VISION Avius®-Ultraschallgerät

1 Modus: „dTHI“ = dynamic Tissue Harmonic Imaging

2 Frequenz: „HdTHI-R“ = „High definition Tissue Harmonic Imaging“-Funktion aktiviert

3 „Fundamental“ = voreingestellte Frequenz bei der „Fundamental“-Funktion

4 „Initial Gain“ = voreingestellter *Gain* bei der Untersuchung

5 „HI Com“ = „Hi- Com real-time image compounding“ = kombiniert Raum- und Frequenz-Compounding und ermöglicht eine höhere räumliche Auflösung & Kontrastverstärkung

6 „Compound“= Anzahl der durch die „HI Com“ –Funktion übereinander gelagerten Bilder

7 „Hi- Rez+“ = Weichzeichner für ein homogenes Bild & schärfere Konturenabgrenzung

8 Level der „Hi- Rez+“-Funktion

9 „B-Enhance“-Funktion = Level der Kontrastverstärkung wenn „Hi- Rez+“ deaktiviert ist

10 „Scan Line Density“ = Einstellung der Liniendichte im B-Bild

11 „AGC“ = Automatic Gain Control = automatische *Gain* Voreinstellung

12 „Gray Map“ = vorgegebene Graumuster für die B-Bild Charakteristik

13 „Receiving Filter“ = spez. Signal-Filtereinstellung

14 „Persistence“ = Mittelung mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Bilder zur Erhöhung der Darstellungsqualität, d.h. Bildglättung durch Interpolation

15 „Patient Dependent Compensation (PDC)“ variiert die Schallgeschwindigkeit in weichem Gewebe und lässt sich theoretisch für jeden Patienten anpassen (hier fest eingestellt)

16 „Dynamic Range“ = Differenz zwischen dem hellsten Teil und dem dunkelsten Teil eines Bildes. Dieser Unterschied wird als Verhältnis ausgedrückt und von Hitachi als dynamischer Bereich bezeichnet.

17 „Texture“ = Grundeinstellung für die vorgegebene Schärfe der Bildtextur

18 Einstellung der Liniendichte bei Auswahl der „Zoom“-Funktion

Die o.g. Angaben entstammen auszugsweise dem von Hitachi gelieferten Benutzerhandbuch.

3.3.4 Ablauf der Ultraschalluntersuchung

Um ein Abgleiten von Schallgel in die Mundhöhle zu vermeiden und eine möglichst entspannte Ausgangsposition der Lippenmuskulatur für die Untersuchung zu gewährleisten, sollte der Mund bei der Untersuchung locker geschlossen sein. Die Sonographie sollte bei möglichst entspannter Mundmuskulatur erfolgen (s. Abb. 3.5 a, vgl. Kap. 2 Abb. 2.3).

Es wurden an OL und UL dynamische und statische B-Mode Scans durchgeführt. Die Lippen wurden in zwei Ebenen (sagittal und transversal) und an definierten Landmarken (s.u.) untersucht. Die Schnittbilder wurden in Form von Video- bzw. Bilddateien zur späteren Auswertung im internen Speicher des Ultraschallgerätes abgelegt und auf eine externe USB-Festplatte exportiert. Der Speicher des Ultraschallgerätes wurde nach Abschluss der Untersuchungen aus Gründen des Datenschutzes gelöscht.

Sagittale B-mode- Videosequenzen

Bei der dynamischen B-mode-Untersuchung wurde mit sagittalen Aufnahmen begonnen (s. Kap. 2 Abb. 2.3



Abb. 3.5: Ansatz von Blechbläsern (Fotos)

Fotos der unteren Gesichtspartie eines 49-jährigen Blechbläusers

- a mit entspannter Mundmuskulatur**
- b nach Aufforderung, einen „Ansatz“ zu formen**

Gut zu erkennen ist die Formveränderung von Ober- und Unterlippe, und die Auffältelung der mit dem MOO verbundenen Lippenhaut.

a). Gestartet wurde in der Mitte der OL und UL, dann wurde der Schallkopf in einer langsam gleitenden Bewegung nach links lateral bis etwa 2 cm über den Mundwinkel hinaus bewegt, danach wieder in die mediane Ausgangsposition.

Anschließend wurde die rechte Seite analog untersucht. Bei der Durchführung waren gezielte mehrsekündige Pausen jeweils in der Medianposition, lateral im Modiolusbereich und wieder bei Erreichen der Ausgangsposition wichtig, denn dies erleichterte die Orientierung auf den Videoaufnahmen bei der späteren Auswertung und die Identifizierung der verschiedenen Zähne.

Transversale B-mode-Videsequenzen

Die transversalen Aufnahmen erfolgten separat für OL und UL (s. Kap. 2 Abb. 2.3 b, c). Dabei wurde die OL zunächst median untersucht, hierfür wurde der Schallkopf mittig im Lippenrot auf der größten Wölbung aufgesetzt. Zur Einschätzung der funktionellen Intaktheit der Lippenmuskulatur, wurden die Probanden aufgefordert, entweder einen Kussmund oder (bei Blasmusikern) einen „Ansatz“ (d.h. eine Lippenhaltung wie beim Spielen (s. Abb. 3.5 b, Abb. 3.6), jedoch ohne Instrument) zu formen und im Anschluss zur entspannten Grundhaltung zurückzukehren (s. Abb. 3.5 a).



Abb. 3.6: Ansatz beim Trompete Spielen

Bild einer stroboskopischen Untersuchung der Mundlippen während des Trompetens. Eindrucksvoll zeigt sich das Eindrücken und die damit verbundene mechanische Belastung der Mundlippen.

Die Lippen wurden durchgemustert, um Kontraktion und Relaxation einzelner Muskelpartien zu beurteilen (s. Abb. 3.7 a, b). Hierbei wurde der Schallkopf entlang der veränderten Lippenkontur nachgeführt, um in der entsprechenden Schnittebene zu bleiben. Gefäße konnten entweder im Rahmen der dynamischen Untersuchung anhand ihrer Lage und ihres Verlaufes oder mittels Farb-Doppler identifiziert werden (s. Abb. 3.7 c).

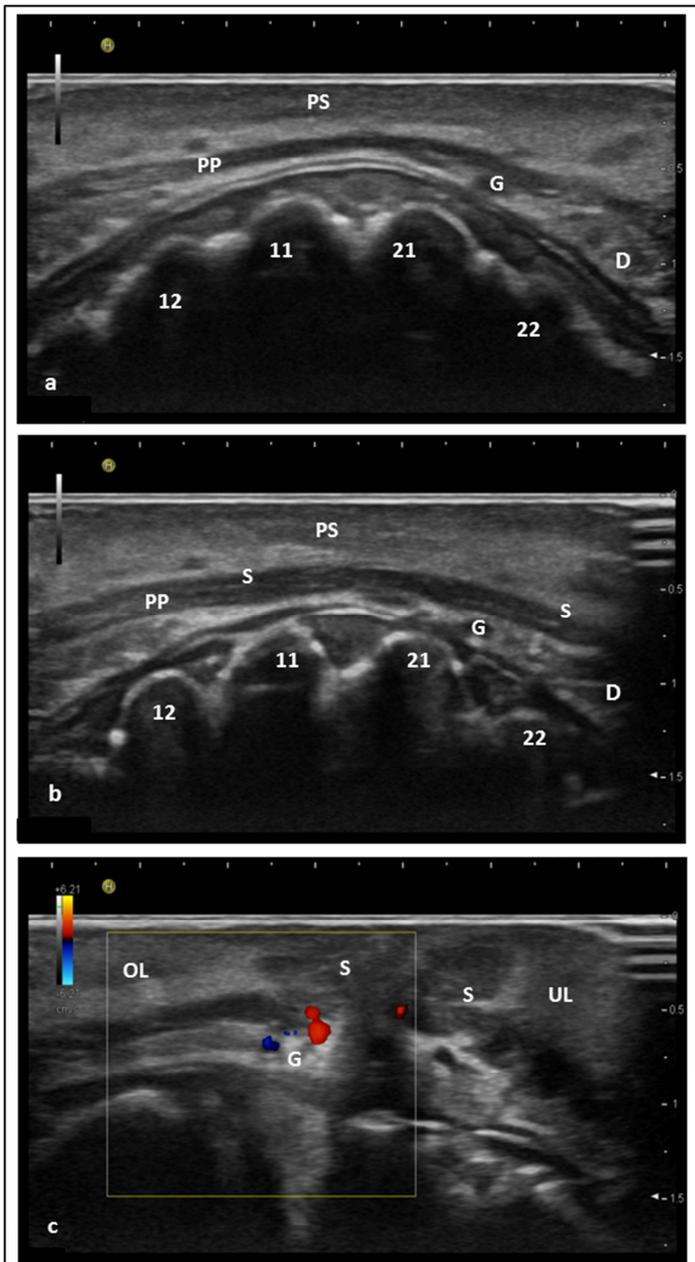


Abb. 3.7: Sonoanatomie des MOO (Nativbilder)

- a Transversalschnitt der entspannten OL**
Der MOO mit seiner PP stellt sich als schmales Band dar, darüber liegt die PS. Markiert sind die Dentes incisivi 12,11,21,22, ein Lippengefäß (G) und eine Lippendrüse (D).
- b Transversalschnitt der angespannten OL**
Die PP stellt sich im Vergleich zu a verbreitert mit angedeuteter Septierung (S) der Muskelfaserbündel dar.
- c Mediansagittalschnitt der OL und UL im Farb-Duplex-Modus**
Sichtbar ist insbesondere die Hockeyschlägerform des MOO. Mit Fluss belegt sind Gefäße (G) an der Innenkante der OL.

Die transversalen Schnittbilder von OL und UL sind anhand des charakteristischen Zahnstatus zu unterscheiden. Sind in den Aufnahmen die Zahnhälsen sichtbar, befindet man sich im oberen Anteil der Mundlippe. Die Aufnahme zeigt dann den peripher liegenden Anteil des MOO, die PP und darüber die PS (s. Abb. 3.7).

Statische B-mode - „Freeze“-Aufnahmen

Statisch wurde die systematische B-mode-Ultrasonographie der Lippen mit Standbildern (sog. „Freeze“-Aufnahmen) in acht definierten Schnittebenen durchgeführt (s. Abb. 3.8) mit 18 Messstrecken und 36 Messstrecken (s. Abb. 3.9):

1. sagittal median durch die OL
2. sagittal rechts paramedian durch die OL (entlang der rechten Philtrumkante)
3. sagittal links paramedian durch die OL (entlang der linken Philtrumkante)
4. transversal median durch die OL (Schallkopf mittig im

Lippenrot)

5. sagittal median durch die UL

6. sagittal rechts paramedian durch die UL (entlang der rechten Philtrumkante)

7. sagittal links paramedian durch die UL (entlang der linken Philtrumkante)

8. transversal median durch die UL (Schallkopf mittig im Lippenrot).

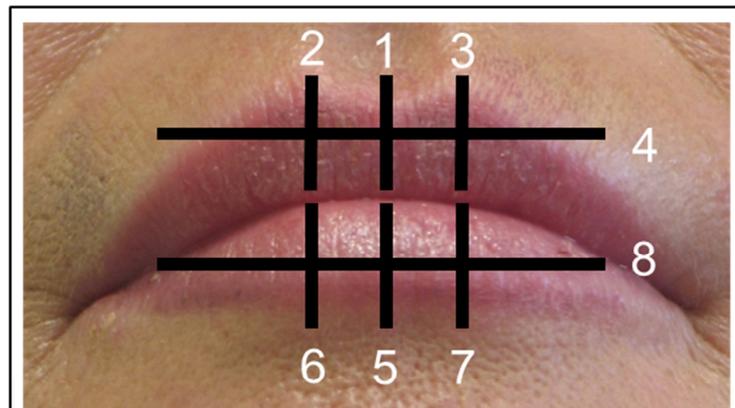


Abb. 3.8: Schnitfführung bei der Lippensonographie

Die schwarzen Linien markieren die Schnittebenen, die weißen Zahlen 1-8 stehen für die Reihenfolge bei der Untersuchung.

In den sagittalen Schnittebenen wurden je zwei Messungen der Dicke des MOO vorgenommen. Hierbei wurde der MOO jeweils von außen nach innen im Bereich der PP (s. Abb. 3.9 und Abb. 3.10, Messstrecken 1., 3. und 5. an der OL und Messstrecken 11., 13. und 15. an der UL) und im Bereich der PM (s. Abb. 3.9 und Abb. 3.10, Messstrecken 2., 4. und 6. an der OL und Messstrecken 10., 12. und 14. an der UL) gemessen. Die Messungen der PP bzw. PM erfolgten auf Höhe der Zahnhäule bzw. Zahnkronen der mitangeschnittenen Frontzähne. Die Zähne wurden daher im Auswertungsprotokoll jeweils mit den Ziffern der beiden in Frage kommenden Zähne belegt (z.B. 11/21 in Abb. 3.9.1). Diese konnten mittels Auswertung der dynamischen Videosequenzen durch Abzählen von der Mitte ausgehend identifiziert werden.

Zusätzlich zu den Messungen in sagittalen Ebenen erfolgten auch Messungen in transversalen Ebenen. Hier wurden bei den Messungen des MOO von außen nach innen die Zahnzwischenräume als Landmarken genommen und pro Lippe je 3 Messwerte erhoben (Messstrecken 7., 8. und 9. an der OL, sowie Messstrecken 16., 17. und 18. an der UL; s. Abb. 3.9.4 und 3.9.8, sowie Abb. 3.10.4 und 3.10.8). Auf den transversalen Aufnahmen lassen sich die Zähne auf *Freeze*-Aufnahmen

eindeutig klassifizieren. Die Schnittebenen wurden so gewählt, dass die Messungen auf Höhe der PP erfolgten.

Die Messstrecken 2., 8., 10. und 17. (s. Abb. 3.9) sind identisch mit den Messstrecken der Vorstudie (s. Kap 2 Abb. 2.2).

Der Zeitaufwand für eine Ultraschalluntersuchung der Lippen betrug im Mittel etwa 20 Minuten, wovon etwa 5-6 Minuten als Videosequenz dokumentiert wurden.

Neben der entspannten Haltung des Probanden war auch eine ruhige Führung des Schallkopfes in fließenden Bewegungen durch den Untersucher erforderlich, um ein „Verwackeln“ der sonographischen Schnittbilder zu vermeiden. Die Durchführung und Auswertung der Ultraschallstudie wurde ausschließlich vom Autor selbst durchgeführt, um ein „*Interrater-Bias*“ (d.h. eine Verzerrung durch unterschiedliche Untersucher) auszuschließen.

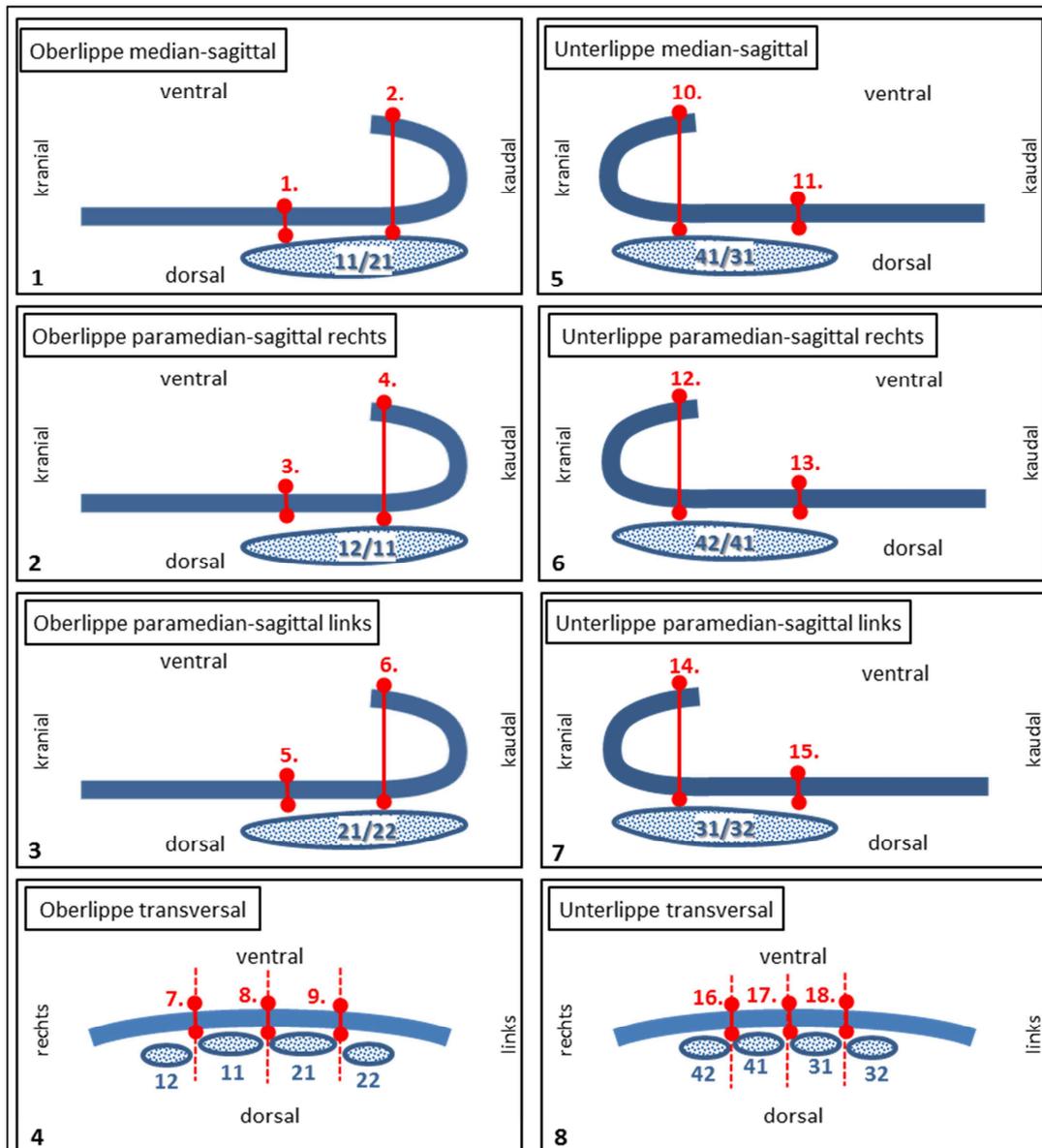


Abb. 3.9: Auswertungsprotokoll Lippensonographie (Schema)

Abgebildet und unten links in der Reihenfolge der Untersuchung nummeriert, sind die schematischen Schnittbilder in den festgelegten Untersuchungsebenen (1-8). **Rot** markiert und von links oben nach rechts unten durchnummeriert sind die **Messstrecken**. Zusätzlich **blau nummeriert**, nach FDI-Zahnschema (=ISO-Zahnschema*), sind die **Frontzähne** (Bspl.: **11/21** bedeutet, dass es sich entweder um einen Abschnitt von **11** oder von **21** handelt). In den sagittalen Aufnahmen gibt es jeweils zwei Messstrecken (Oberlippe: **1.**, **3.** und **5.** = Dicke der Pars peripheralis, sowie **2.**, **4.** und **6.** = Dicke der Pars marginalis; Unterlippe: **11.**, **13.** und **15.** = Dicke der Pars peripheralis, sowie **10.**, **12.** und **14.** = Dicke der Pars marginalis). In den transversalen Aufnahmen gibt es je drei Messstrecken, die sich an den Interdenträumen orientieren (**7.**, **8.** und **9.** an der Ober- sowie **16.**, **17.** und **18.** an der Unterlippe).

*ISO 3950:2016(en), Dentistry - Designation system for teeth and areas of the oral cavity

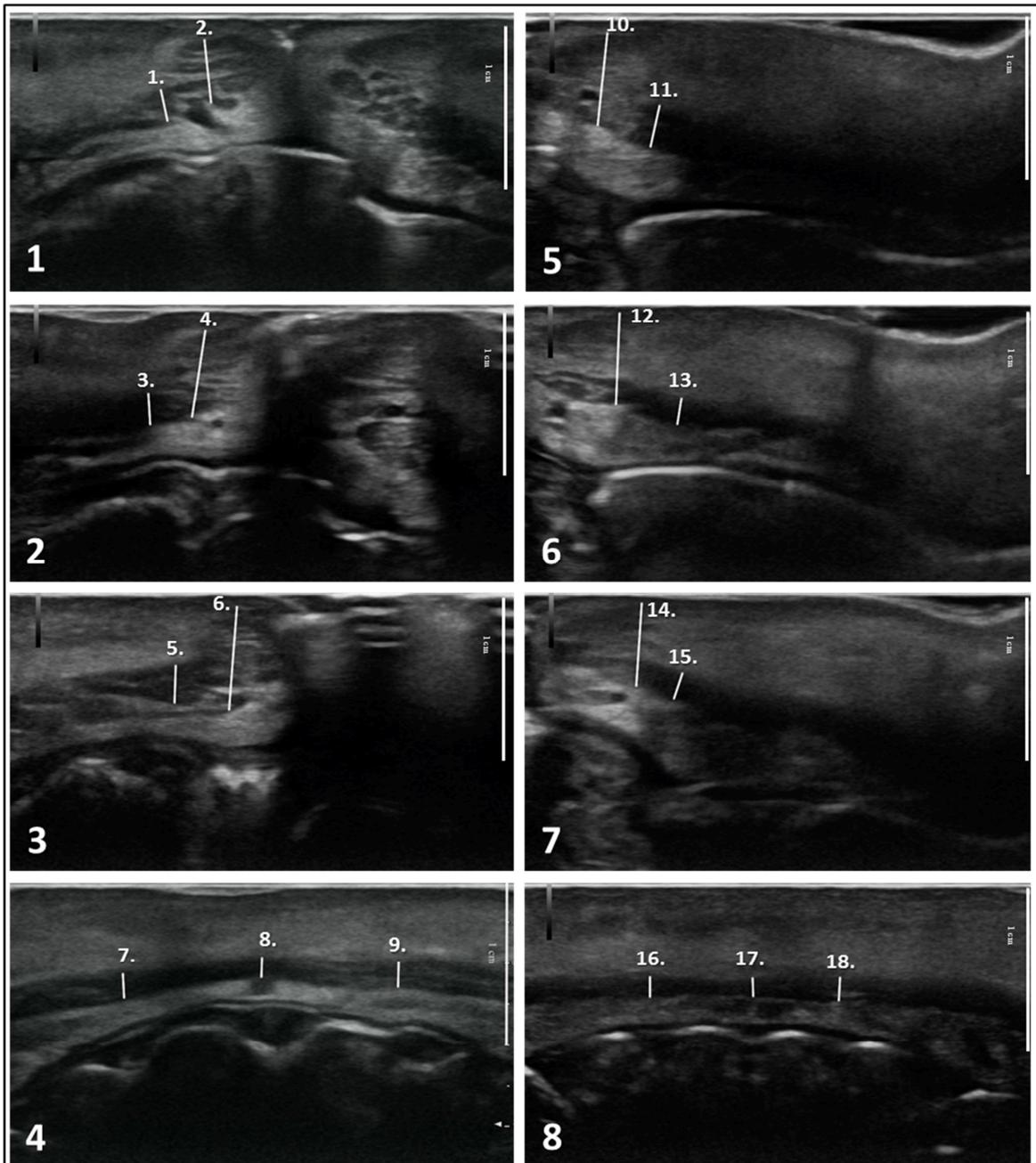


Abb. 3.10: Auswertungsprotokoll Lippensonographie (Beispiel)

Exemplarische Zusammenschau der im Rahmen der Studie erfassten 8 statischen B-mode Aufnahmen eines 51-jährigen nicht-Blechblasmusikers mit ausgewerteten Messtrecken 1.-18. (analog zur Abb. 3.9). In den für die Messungen nicht relevanten Bereichen der Abbildungen sind teilweise Abkopplungsartefakte zu erkennen.

- 1 Oberlippe mediansagittal
- 2 Oberlippe paramediansagittal rechts
- 3 Oberlippe paramediansagittal links
- 4 Oberlippe transversal

- 5 Unterlippe mediansagittal
- 6 Unterlippe paramediansagittal rechts
- 7 Unterlippe paramediansagittal links
- 8 Unterlippe transversal

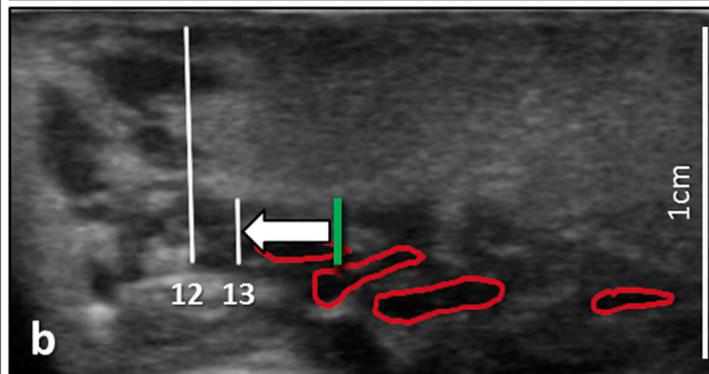
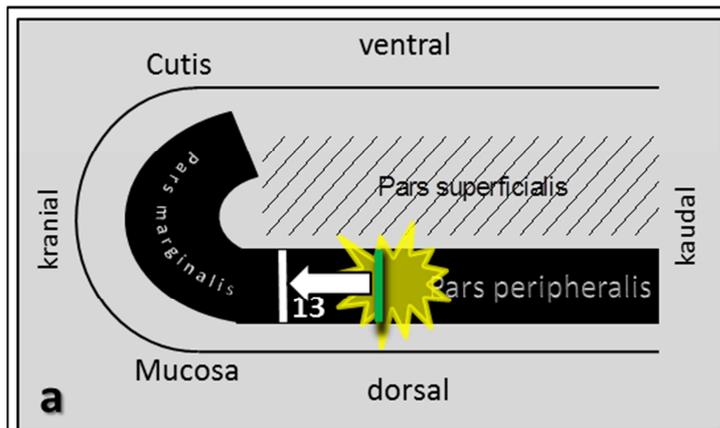


Abb. 3.11: Sagittale Ausweichmessungen

a Schematischer Sagittalschnitt der UL rechts paramedian

Die grüne Linie markiert die gewünschte Messtrecke. Diese wird aufgrund einer Zone ausgeprägter Vaskularisierung (☀) nach kranial versetzt (⇐). Hierdurch kann die vorgesehene Messung Nr. 13 (vgl. Abb. 3.9) erfolgen.

b B-mode-Sagittalschnitt der UL rechts paramedian

Die roten Kreise markieren Anschnitte der A. labialis inferior, welche die PP auftreiben und deren Abgrenzung erschweren, daher wird die Messtrecke Nr. 13 (Nr. 13 = 1,57 mm) ca. 4 mm nach kranial versetzt (⇐). Da es sich um den Ausschnitt einer Originalabbildung handelt, ist auch Nr. 12 (= 6,05 mm) mit abgebildet.

Ausweichmessungen

In Einzelfällen konnte der MOO auf sagittalen Schnittbildern nicht in allen Aufnahmebereichen klar vom umliegenden Gewebe abgegrenzt werden, was durch Abkopplungsartefakte oder sehr stark ausgeprägte Vaskularisierung (vgl. Abb. 3.11) bedingt war. Dies galt für OL und UL gleichermaßen. In solchen Fällen wurden die Messstrecken 1., 3., 5., 11., 13. oder 15. (siehe Kapitel 3.3.4) kranialer oder kaudaler bestimmt. Hierzu wurde die nächstmögliche Stelle ausgesucht, an der sich der MOO nicht durch Artefakte verändert zeigte (s. Abb. 3.11).

3.3.5 Softwareauswertung definierter Messstrecken

Der Roh-Datensatz der Ultraschalluntersuchungen umfasst ca. 3.000 Bild- und Videodateien mit einem Datenvolumen von insgesamt ca. 27,5 Gigabyte.

Die einzelnen Untersuchungen wurden bereits während der Mundlippensonographie

durch die geräteinterne Software automatisch mit fortlaufenden Fallnummern versehen und abgespeichert. Die Probanden der Ultraschalluntersuchungen wurden mit ihren Fallnummern zusätzlich händisch einer alphabetisch nach Familiennamen festgelegten Probandennummer zugeordnet, sodass ein

Datensatz mit einem anonymen Probandenschlüssel entstand.

Die Messungen in den Bilddateien der Ultraschalluntersuchung wurden mittels des Bildbearbeitungsprogramms Adobe Photoshop CS 6[®] (Version 13.0.1 x32, 2012, Adobe Systems Incorp., San Jose, CA) durchgeführt. Die bearbeiteten Bilddateien (s. beispielsweise Abb. 3.10) wurden von Hand in Ordner abgelegt, die folgendermaßen bezeichnet wurden: Probandennummer_Fallnummer z.B. 24_20120309003).

Es wurde vor Beginn der Messungen durch Öffnen einer *Freeze*-Aufnahme die Skalierung anhand der von Hitachi im Ultraschallbild eingebetteten Referenzskala durchgeführt (s. gepunktete Abszisse in Abb. 3.12 und 3.13). Hierzu wurde im Adobe Photoshop CS 6[®] zunächst eine benutzerdefinierte Messskala (Menüpunkt "Bild"->"Analyse"->"Messskala festlegen") erzeugt (s. Ordinate am rechten Bildrand in Abb. 3.12 und 3.13). Für die Strecke 0 bis 1 cm (zwischen zwei Punkten beträgt der Abstand an Ordinate und Abszisse jeweils 0,25 cm, siehe z.B. weiße Barke im linken oberen Bildrand in Abb. 3.7 a-c) mittels eines von der Adobe[®] Software zur Verfügung gestellten digitalen Lineals von Hand ausgemessen und dann automatisch in Pixel umgerechnet wurde (1 cm = 268 Pixel). Anhand dieser abgespeicherten benutzerdefinierten Skalierung konnte das Programm nachfolgend die gemessenen Strecken in den Bilddateien von Pixel in Zentimeter umrechnen. Die einmal definierte Skala war aufgrund der einheitlichen Grundeinstellung des Ultraschallgerätes (inklusive Zoom) für alle ausgewerteten Bilder analog anwendbar und konnte bei der Auswertung in jedes Bild eingefügt werden (s. Abb. 3.12 und 3.13). Die mit der vordefinierten Linealfunktion gemessenen Strecken wurden mit Hilfe der Linien-Zeichenfunktion in Weiß von Hand markiert und die so veränderte Datei im TIF Format archiviert. Die Messstrecken wurden hierbei hintereinander aufgezeichnet und im unteren Anzeigebereich untereinander aufgelistet. Der linke Balken entspricht der 1. Zeile, der mittlere Balken der 2. Zeile und der rechte Balken der 3. Zeile (s. Abb. 3.13). Die Messdaten konnten mittels der Funktionen „Messprotokoll“ bzw. „Messung exportieren“ als Textdateien exportiert und unter der jeweiligen Fallnummer per Hand gespeichert werden (s. Abb. 3.13).

Die Textdateien mit den Messdaten wurden dann in eine Microsoft Excel 2010[®] Tabelle (Version 14.0.6112.500 32 Bit, 2010, Microsoft Corp., Redmond, WA) eingefügt und im Anschluss zur statistischen Auswertung in die Statistiksoftware SPSS[®] (IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 22.0., 2013, IBM Corp., Armonk, NY) eingepflegt.

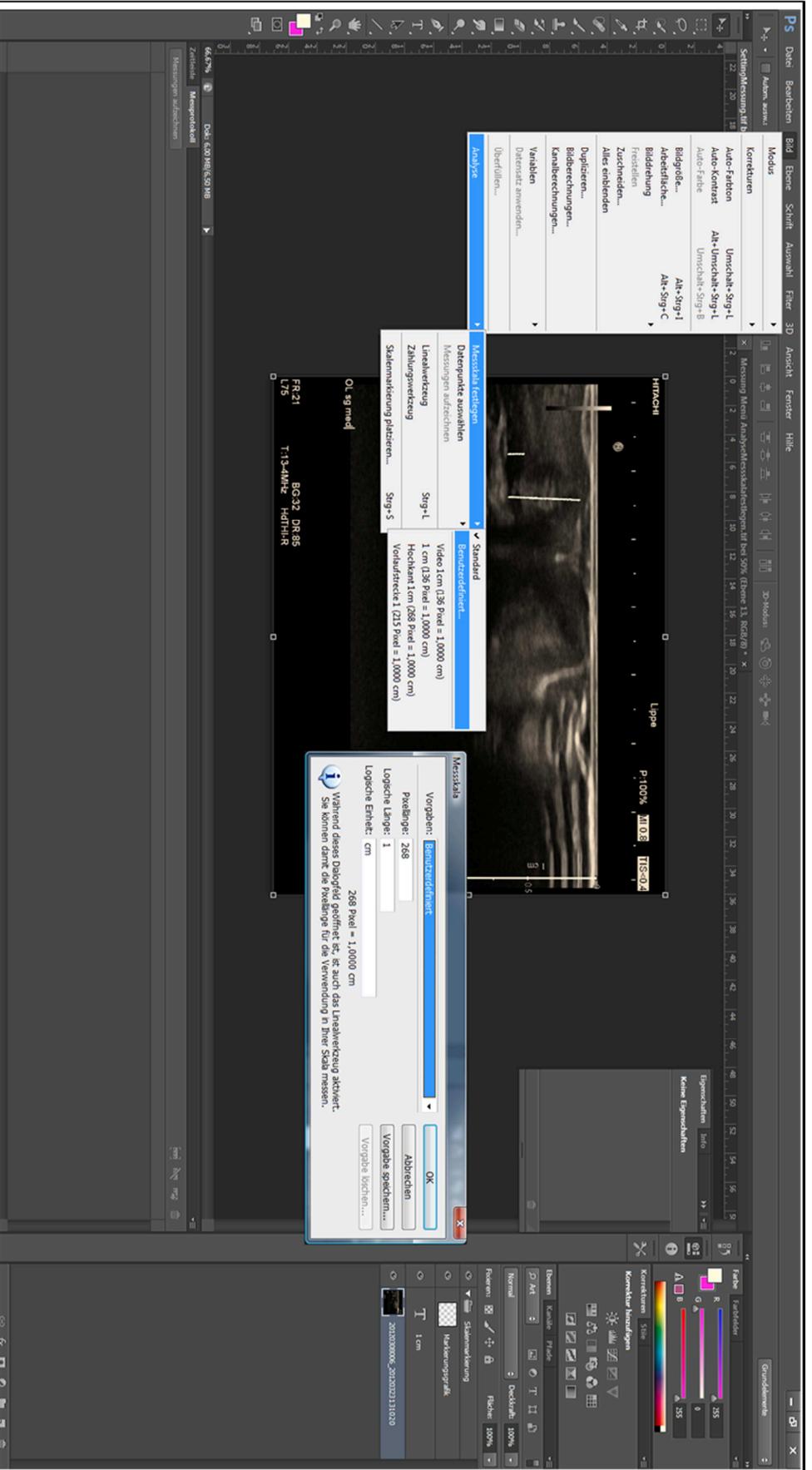


Abb. 3.12: Erstellung Messskala in Adobe

Eine benutzerdefinierte Messskala wurde unter Menüpunkt "Bild"->"Analyse"->"Messskala festlegen" erzeugt, für die die Strecke von 0 bis 1 cm mittels Linealfunktion von Hand ausgemessen und dann vom Programm in Pixel umgerechnet wurde (1 cm = 268 Pixel). Anhand dieser abgespeicherten benutzerdefinierten Skalierung konnte das Programm die gemessenen Strecken in den Bilddateien von Pixel in Zentimeter umrechnen.

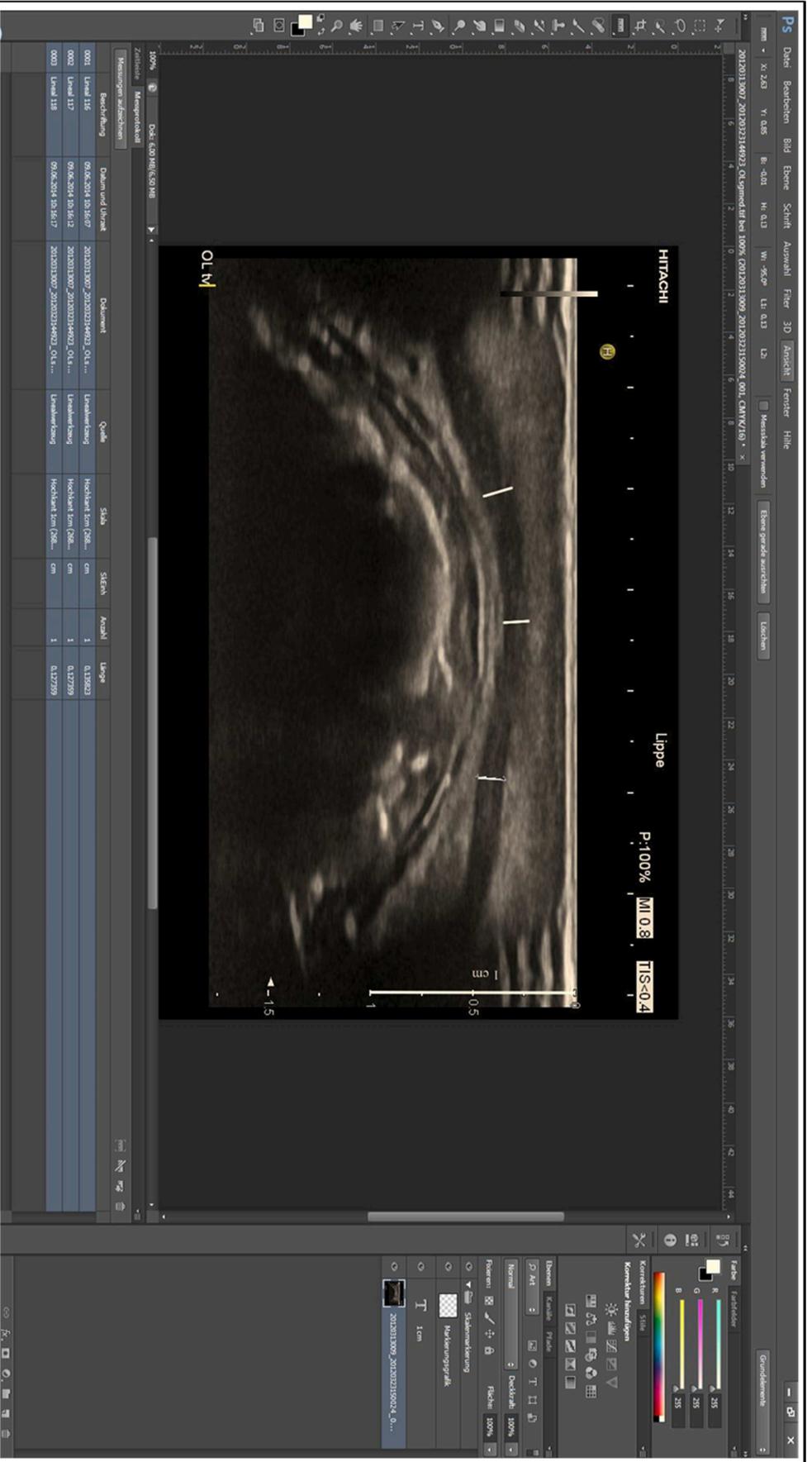


Abb. 3.13: Messungen in Adobe

Bei Verwendung der Funktion „Messprotokoll“ mit der benutzerdefinierten Messkala (1 cm = 268 Pixel) wurden die ausgewählten und weiß markierten Strecken nacheinander aufgezeichnet und untereinander aufgelistet. Sie konnten über die Funktion „Messung exportieren“ als Textdatei mit der Endung .txt unter der jeweiligen Probandenziffer gespeichert werden.

Auswertungsprotokoll der Messungen mit Adobe Photoshop CS 6[®]

Es wurden Messungen der Dicke des MOO in 8 Schnittebenen (Oberlippe sagittal median, Oberlippe sagittal paramedian rechts, Oberlippe sagittal paramedian links, Oberlippe transversal median, Unterlippe sagittal median, Unterlippe sagittal paramedian rechts, Unterlippe sagittal paramedian links und Unterlippe transversal median; siehe Abb. 3.9) und an jeweils zwei (sagittal) bzw. drei (transversal) Messstrecken pro Ebene mittels des Computerprogramms Adobe Photoshop CS 6[®] durchgeführt.

Es resultierten für jeden einzelnen Probanden insgesamt 18 Messstrecken (s. Messstrecken 1.-18. in Abb. 3.9 bzw. analog dazu M1- M18 im Kapitel 4), deren Werte nach vollzogener Messung zunächst für jede Schnittebene einzeln in eine Textdatei exportiert und anschließend händisch in eine Excel-Tabelle übertragen wurden. Somit resultierten bei 67 Probanden 536 Textdateien (67 x 8 Schnittebenen) mit insgesamt 1206 Messwerten (67 x 18 Messstrecken).

Auswertungskriterien

Die Dicke des MOO wurde in zwei Schnittebenen (sagittal und transversal) nach folgenden Kriterien bestimmt:

1. geschlechtsspezifisch
2. separat für PM und PP
3. separat für OL und UL

Dabei wurden Nicht-Blechblasmusiker (kurz: „Nicht-Blechbläser“) mit allen Blechbläsern verglichen. Blechbläser sind Musiker, die ein Blasinstrument mit Mundstück spielen, bei dem der Ton mit den Mundlippen der Musiker generiert wird (z.B. Trompete, Waldhorn, Posaune oder Tuba).

Ausschlusskriterien für die statistische Auswertung waren Kinderlippen und Lippenerkrankungen. Die Patienten mit Lippenerkrankungen (Narben und Granulome) werden exemplarisch in Einzelbeispielen im Ergebniskapitel vorgestellt, da sie sich im Rahmen der Hauptstudie als spezielle Anwendungsfelder für neue Untersuchungsmethoden (z.B. Elastographie, s. Kap. 3.3.7 und 4.1.7) erwiesen.

3.3.6 Statistische Auswertungsmethoden

Software und statistische Testverfahren

Die Erfassung, Auswertung und Darstellung der statistischen Daten (s. Kap. 4.1) erfolgte mittels Microsoft Excel 2010 und SPSS 22.0 für Windows (IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.).

Zur deskriptiven Auswertung der erhobenen Daten wurden folgende Parameter verwendet: Mittelwert, Median, Standardabweichung, Range (Minimal- und Maximalwert). Das Signifikanzniveau wurde einheitlich auf 5 % festgelegt ($p < 0,05$).

Es wurden folgende statistische Verfahren eingesetzt:

- Kolmogorov-Smirnov-Test (kurz: KS-Test; mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors) und Shapiro-Wilk-Test (SW-Test) zur Prüfung der Normalverteilungsannahme
- t-Tests für unabhängige Stichproben
- Chi-Quadrat-Test nach Pearson

Non-parametrische Testverfahren (aufgrund der Ablehnung der Normalverteilungsannahme nach Durchführung der KS- und SW-Tests):

- Spearmans Rangkorrelationskoeffizient (Spearmans Rho)
- Mann-Whitney-U-Test
- Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

Als statistische Standardwerke für die o.g. Tests wurden Bortz (2010) [12] und Field (2013) [25] zugrunde gelegt. Dort werden die Einzelheiten aller o.g. statistischen Verfahren und die Umsetzung mit SPSS beschrieben.

Vorgehen bei der statistischen Auswertung

Es erfolgte zunächst die Auswertung des Probandenkollektivs unter Betrachtung der Alters- und Geschlechtsverteilung, sodann die Überprüfung des Vorliegens einer Normalverteilung mittels KS-Test und SW-Test mit besonderem Augenmerk auf die Verteilung innerhalb der Gruppen „Blechbläser“ und „Nicht- Blechbläser“.

Anschließend wurden Mittelwerte, Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum der 18 Messstrecken (vgl. Abb. 3.9) aller 67 Probanden errechnet und zudem Dreiergruppen „Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1, 3, 5)“, „Oberlippe sagittal Pars marginalis (2, 4, 6)“, „Oberlippe transversal (7, 8, 9)“, „Unterlippe sagittal Pars marginalis (10, 12, 14)“, „Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11, 13, 15)“ und „Unterlippe transversal (16, 17, 18)“ gebildet, welche die gemittelten Messwerte separat für PM und PP des MOO auf den jeweiligen Schnittebenen abbilden sollten. Diese Gruppen wurden bei der statistischen Auswertung als „Mittelwertegruppen“ (MWG) bezeichnet.

Vorgehen an Hand des Beispiels der MWG „Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1, 3, 5)“: Für jede Messstrecke 1., 3. und 5. wurde im ersten Schritt zunächst ein Mittelwert aller 67 Probanden gebildet. Diese 3 Mittelwerte der Messstrecken 1., 3. und 5. wurden im zweiten Schritt nochmals gemittelt und dann als MWG bezeichnet. Somit wurden die gemittelten Messwerte der PP aller drei sagittalen Schnittebenen der OL (d.h. median, paramedian rechts und links) wiederum in Form eines gesamten Mittelwertes für die PP der OL zusammengefasst.

Die Mittelwerte der Messstrecken 1-18 und die jeweiligen MWG wurden dann mittels des KS-Tests auf das Vorliegen einer Normalverteilung untersucht.

Abschließend wurden mittels Ranglistenbildung und non-parametrischer Testverfahren Vergleiche zwischen Männern und Frauen, „Blechbläsern“ und „Nicht- Blechbläsern“ jeweils für die OL und für die UL durchgeführt.

3.3.7 Elastographie

Ein weiteres Verfahren, welches noch relativ neu und daher nicht bei jedem Ultraschallgerät serienmäßig verfügbar ist, stellt die Elastographie dar. Diese ermöglicht es, über den gemessenen Anpressdruck des Schallkopfes und die mittels Ultraschall erfassten gewebespezifischen Echogenitäten, Rückschlüsse auf die Elastizität eines untersuchten Gewebes zu ziehen und die Elastizitätsunterschiede farbkodiert in Echtzeit im B-Bild darzustellen (s. Abb. 3.14) [85].

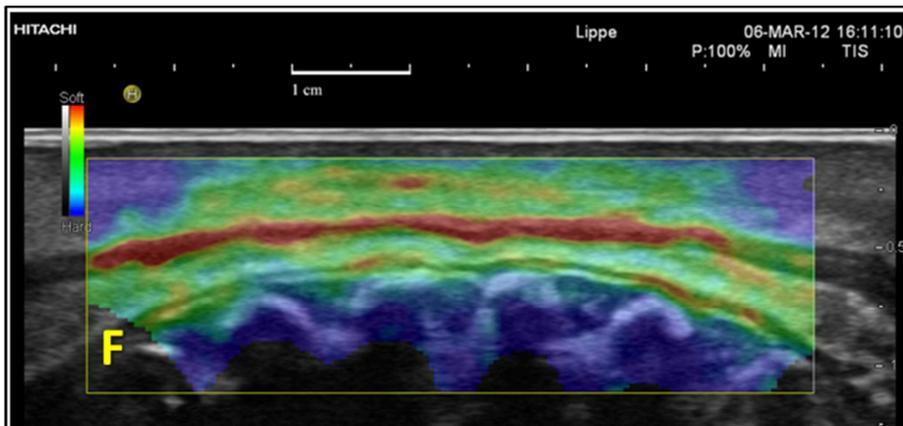


Abb. 3.14: Elastographie der Unterlippe

F = Fenster zur farbkodierten Darstellung der Gewebeelastizität von weich (=rot) bis hart (blau)

Bei den Herstellern von Sonographiegeräten hat sich der Begriff der „*real-time elastography*“ (deutsch: Echtzeit Elastographie, kurz: „RTE“) durchgesetzt [63].

Die RTE fand in der Studie insofern Verwendung, als dass ihre Anwendbarkeit an den Mundlippen von sieben Probanden getestet wurde (s. beispielhafte Abb. 4.23 und 4.24 in Kap.4.2.3).

Die Grundeinstellungen der Firma Hitachi/Tokyo für Elastographie-Aufnahmen wurden übernommen. Sie dienten bei den Untersuchungen als Standard und wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit während der Studie für alle Scans beibehalten. Die Parameter der Einstellungen sind in Abb. 3.15 dargestellt.

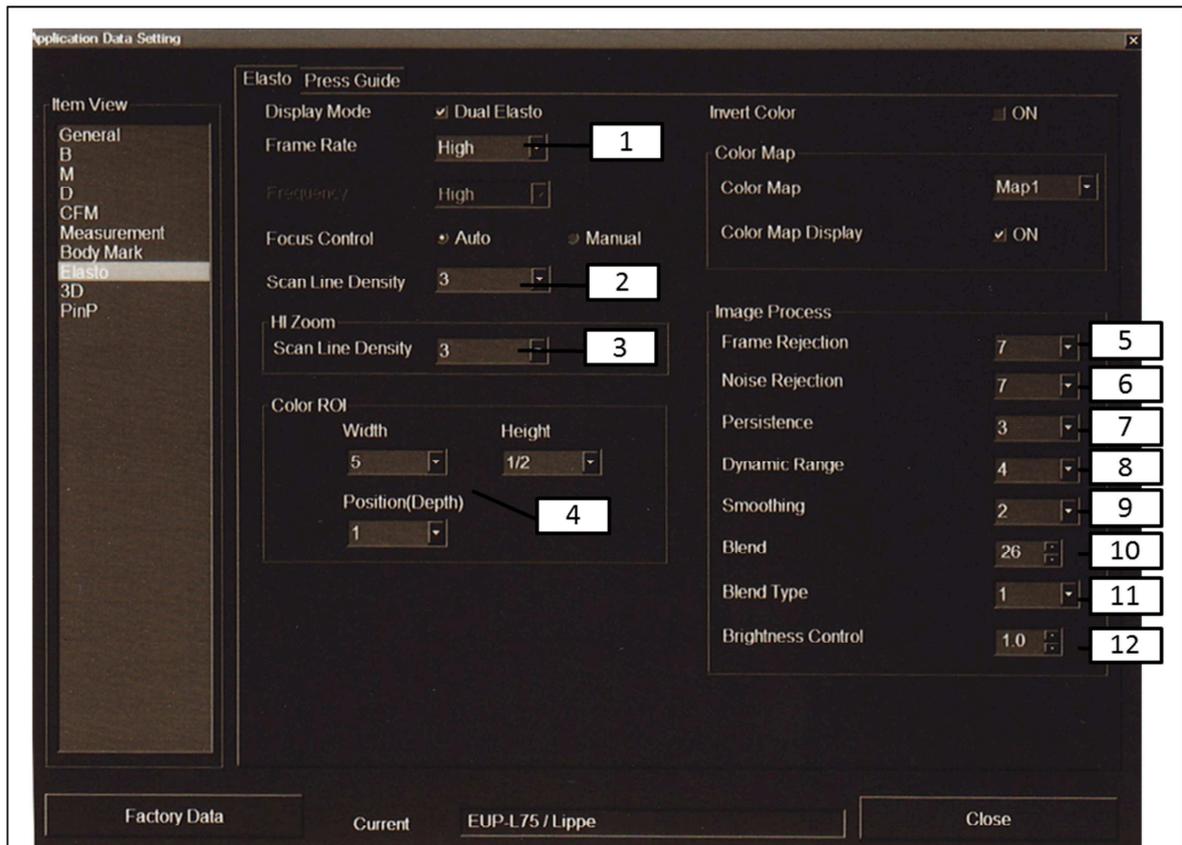


Abb. 3.15: Grundeinstellungen Hitachi HI VISION Avius®-Ultraschallgerät im Elasto-Modus

1 „Frame Rate“ = Bildrate

2 „Scan Line Density“ = Einstellung der Liniendichte im B-Bild

3 HI ZOOM - „Scan Line Density“ = Einstellung der Liniendichte im ZOOM-Modus

4 „Color ROI“ = Farbtiefeinstellungen der Region of Interest (ROI)

5 „Frame Rejection“ = Frame Rejection unterdrückt Bilder, die während einer nicht zulässigen Verschiebung der Bildebene oder bei zu schwachem Signal generiert werden und ermöglicht dadurch eine klare Differenzierung der Farbskala.

6 „Noise Rejection“ = filtert Bildregionen heraus, in denen die Signalamplitude für eine Korrelation mit dem vorhergehenden Bild nicht stark genug ist und reduziert dadurch Störungen und Fehlmessungen.

7 „Persistence“ = Mittelung mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Bilder zur Erhöhung der Darstellungsqualität, d.h. Bildglättung durch Interpolation

8 „Dynamic Range“ = Differenz zwischen dem hellsten und dem dunkelsten Areal eines Bildes. Dieser Unterschied wird als Verhältnis ausgedrückt und von Hitachi als dynamischer Bereich bezeichnet.

9 „Smoothing“ = Voreinstellung der Bildglättung

10/11 „Blend“/„Blend Type“ = dimmt das B-mode-Bild, welches unter dem Elasto-Bild liegt

12 „Brightness Control“ = Voreinstellung der Helligkeit des Bildes

Die o.g. Angaben entstammen auszugsweise dem von Hitachi gelieferten Benutzerhandbuch.

4 Ergebnisse

4.1 Statistische Auswertung der Ultraschalluntersuchungen

4.1.1 Probandenkollektiv

Das Probandenkollektiv bestand aus 67 Personen (Geschlecht: 41 m, 26 w, Alter: 18 - 77 Jahre, Mittelwert: 43,5 Jahre, Median: 45,0 Jahre, Standardabweichung: 15,7 Jahre; siehe Tabelle 4.1). Von den 67 Probanden waren 37 Blechblasmusiker (kurz „Blechbläser“; davon 27 m, 10 w), 30 „Nicht- Blechbläser“ (14 m, 16 w). An 7 Probanden wurden zusätzliche sonographische Lippenuntersuchungen mittels *realtime Elastography (RTE)* durchgeführt.

N	67
Mittelwert	43,49
Median	45,00
Standardabweichung	15,67
Minimum	18
Maximum	77

Tabelle 4.1: Altersverteilung des Probandenkollektivs (in Jahren)

Geschlechtsverteilung innerhalb des Kollektivs

Bei Untersuchung der Verteilung des Geschlechts innerhalb des Kollektivs zeigte sich, dass es hinsichtlich der Geschlechtsverteilung einen im Chi-Quadrat-Test signifikanten Unterschied zwischen dem Blechbläser-Kollektiv und dem Kollektiv der Nicht-Blechbläser gab ($\chi^2(1, n=67) = 4,828, p = 0,028$; s. Tabellen 4.2 und 4.3): Der Anteil von Männern unter den Blechbläsern (73%) war signifikant größer als bei den Nicht-Blechbläsern (47%), und der Frauenanteil war unter den Nicht-Blechbläsern (53%) signifikant größer als unter den Blechbläsern (27%).

Wert	df	Asymptotische Signifikanz p (2-seitig)
4,828	1	0,028

Tabelle 4.2: Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Betätigung als BlechbläserIn (Chi-Quadrat-Test nach Pearson)

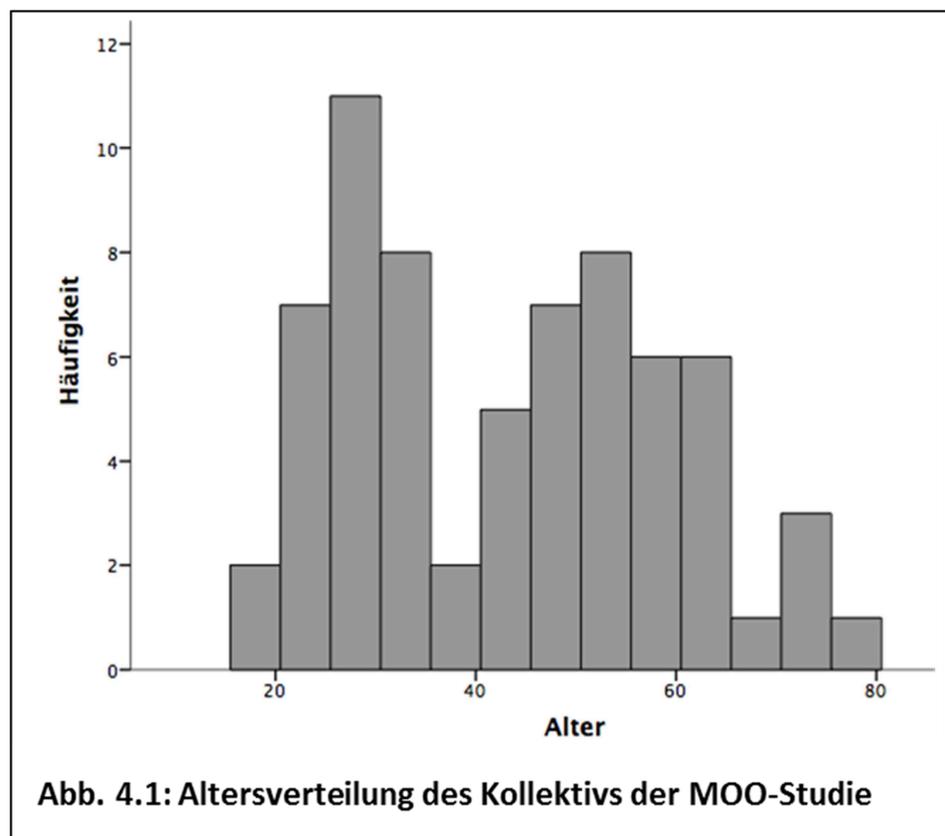
		Geschlecht		
		Männer	Frauen	gesamt
Blechbläser nein	Anzahl	14	16	30
	% innerhalb der Nicht-Blechbläser	46,7	53,3	100,0
ja	Anzahl	27	10	37
	% innerhalb der Blechbläser	73,0	27,0	100,0
gesamt	Anzahl	41	26	67
	% innerhalb des Kollektivs	61,2	38,8	100,0

Tabelle 4.3: Verteilung des Geschlechts innerhalb der Blechbläser und Nicht-Blechbläser (Kreuztabelle)

Altersverteilung innerhalb des Kollektivs

Die Altersverteilung des Gesamtkollektivs wurde in Abbildung 4.1 in Form eines Histogramms dargestellt und weist zwei Häufigkeitsgipfel (bei 30 und bei 50 Jahren) auf.

Das mittlere Alter der Probanden der Blechbläser-Gruppe war im t-Test mit 47,7 Jahren signifikant höher (um 9,5 Jahre) als das mittlere Alter der Probanden der Nicht-Blechbläser-Gruppe von



38,3 Jahren ($t(65) = -2,56, p = 0,013$; vgl. Tabelle 4.4 und 4.5).

Blechbläser	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Alter nein	30	38,27	16,381	2,991
ja	37	47,73	13,892	2,284

Tabelle 4.4: Gruppenstatistiken zur Altersverteilung Blechbläser vs. Nicht-Blechbläser

t-Test für die Mittelwertgleichheit

	T	df	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz
Alter	-2,559	65	0,013	-9,463

Tabelle 4.5: t-Test zur Differenz der Altersverteilung Blechbläser vs. Nicht-Blechbläser (grün = signifikant)

Bei Anwendung des Kolmogorov-Smirnov-Tests (KS-Test) zeigte sich, dass sich die Verteilung des Alters innerhalb der Gruppen signifikant unterscheidet ($p = 0,005$; s. Tabelle 4.6). Wie sich bei der Überprüfung der Normalverteilung des Alters in jeder der beiden Gruppen zeigte, scheint der Grund darin zu liegen, dass das Alter in der Blechbläsergruppe einer Normalverteilung folgt ($p = 0,0004$; s. Tabelle 4.7) und in der Nicht-Blechbläser-Gruppe nicht ($p = 0,15$; s. Tabelle 4.7).

Blechbläser	N
nein	30
ja	37
gesamt	67

	Alter
Kolmogorov-Smirnov-Z	1,731
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,005

Gruppenvariable: Blechbläser

Tabelle 4.6: Kolmogorov-Smirnov-Test der Altersverteilung bei Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern (grün = signifikant, Z = Standardnormalverteilungsvariable der standardisierten Normalverteilung)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Alter nein	0,23	30	0,0004	0,88	30	0,003
ja	0,13	37	0,153	0,97	37	0,338

^a mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 4.7: Kolmogorov-Smirnov- und Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung des Alters innerhalb der zwei Stichproben Blechbläser vs. Nicht-Blechbläser (grün = signifikant, rot = nicht signifikant)

4.1.2 Deskriptive Statistik der Dicken-Messwerte

Untersucht wurden die die Dicken von OL und UL in Millimetern (mm). Zunächst erfolgte die deskriptive Auswertung:

1. für die verschiedenen Messstrecken M 1-18 (s. Tabelle 4.8)
2. für die daraus errechneten Mittelwertgruppen (MWG) der untersuchten Anteile des MOO (Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5) bis Unterlippe transversal (16,17,18); s. Tabelle 4.9, vgl. Kap. 3.3.6)

Blechbläser		N	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
Oberlippe median M1	nein	30	1,21	0,50	1,10	0,63	2,88
	ja	37	1,66	0,95	1,42	0,53	5,97
	insgesamt	67	1,46	0,81	1,25	0,53	5,97
Oberlippe median M2	nein	30	3,76	1,35	3,30	2,05	7,52
	ja	37	4,32	1,43	4,26	1,79	9,58
	insgesamt	67	4,07	1,41	3,96	1,79	9,58
Oberlippe paramedian rechts M3	nein	30	1,11	0,41	1,07	0,47	2,21
	ja	37	1,39	0,55	1,31	0,39	3,89
	insgesamt	67	1,27	0,51	1,21	0,39	3,89
Oberlippe paramedian rechts M4	nein	30	3,56	1,11	3,47	0,75	6,29
	ja	37	4,14	1,28	4,08	1,49	9,99
	insgesamt	67	3,88	1,23	3,69	0,75	9,99
Oberlippe paramedian links M5	nein	30	1,10	0,38	1,06	0,37	1,95
	ja	37	1,39	0,53	1,35	0,49	3,87
	insgesamt	67	1,26	0,49	1,21	0,37	3,87
Oberlippe paramedian links M6	nein	30	3,31	0,63	3,32	2,09	4,83
	ja	37	4,09	1,50	4,08	0,97	11,04
	insgesamt	67	3,74	1,25	3,57	0,97	11,04
Oberlippe transversal M7	nein	30	0,95	0,24	0,91	0,56	1,50
	ja	37	1,26	0,45	1,18	0,28	2,47
	insgesamt	67	1,12	0,40	1,06	0,28	2,47
Oberlippe transversal M8	nein	30	0,92	0,29	0,88	0,47	1,68
	ja	37	1,21	0,48	1,12	0,27	2,54
	insgesamt	67	1,08	0,43	1,04	0,27	2,54

		samt					
Oberlippe transversal M9	nein	30	0,97	0,30	0,86	0,54	2,06
	ja	37	1,27	0,51	1,17	0,22	2,55
	insgesamt	67	1,14	0,45	1,05	0,22	2,55
Unterlippe median M10	nein	30	4,99	1,61	4,86	2,33	8,03
	ja	37	5,74	1,49	6,11	1,95	9,07
	insgesamt	67	5,41	1,58	5,67	1,95	9,07
Unterlippe median M11	nein	30	1,29	0,50	1,24	0,56	2,50
	ja	37	1,34	0,39	1,31	0,31	2,30
	insgesamt	67	1,32	0,44	1,27	0,31	2,50
Unterlippe paramedian rechts M12	nein	30	4,39	1,37	4,07	2,09	8,61
	ja	37	4,97	1,31	5,04	1,63	7,55
	insgesamt	67	4,71	1,36	4,53	1,63	8,61
Unterlippe paramedian rechts M13	nein	30	1,20	0,34	1,12	0,48	1,87
	ja	37	1,53	0,74	1,44	0,40	5,21
	insgesamt	67	1,39	0,62	1,27	0,40	5,21
Unterlippe paramedian links M14	nein	30	4,04	1,04	4,07	2,33	6,87
	ja	37	4,63	1,29	4,74	1,33	7,72
	insgesamt	67	4,37	1,21	4,28	1,33	7,72
Unterlippe paramedian links M15	nein	30	1,25	0,40	1,13	0,75	2,58
	ja	37	1,41	0,43	1,42	0,26	2,31
	insgesamt	67	1,34	0,42	1,27	0,26	2,58
Unterlippe transversal M16	nein	30	1,15	0,42	1,05	0,54	2,62
	ja	37	1,08	0,38	1,08	0,14	2,06
	insgesamt	67	1,11	0,40	1,06	0,14	2,62
Unterlippe transversal M17	nein	30	1,09	0,30	1,08	0,60	1,79
	ja	37	1,17	0,62	1,01	0,21	3,87
	insgesamt	67	1,14	0,50	1,05	0,21	3,87
Unterlippe transversal M18	nein	30	1,10	0,36	1,08	0,60	2,32
	ja	37	1,08	0,42	1,09	0,20	2,33
	insgesamt	67	1,09	0,39	1,08	0,20	2,33

Tabelle 4.8: Häufigkeitsverteilung der Messstrecken M1-M18 (Angaben in mm)

Blechbläser	N	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum	
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	nein ja insgesamt	30 37 67	1,14 1,48 1,33	0,37 0,54 0,50	1,06 1,37 1,22	0,51 0,47 0,47	2,02 3,69 3,69
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	nein ja insgesamt	30 37 67	3,54 4,18 3,90	0,87 1,30 1,17	3,30 3,98 3,84	2,28 1,47 1,47	5,69 10,20 10,20
Oberlippe transversal (7,8,9)	nein ja insgesamt	30 37 67	0,94 1,25 1,11	0,24 0,44 0,39	0,86 1,21 1,05	0,52 0,26 0,26	1,61 2,52 2,52
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	nein ja insgesamt	30 37 67	4,47 5,11 4,83	1,16 1,27 1,26	4,37 5,16 4,89	2,37 1,64 1,64	7,18 8,11 8,11
Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	nein ja insgesamt	30 37 67	1,25 1,43 1,35	0,35 0,45 0,41	1,20 1,38 1,26	0,70 0,32 0,32	2,26 3,24 3,24
Unterlippe transversal (16,17,18)	nein ja insgesamt	30 37 67	1,11 1,11 1,11	0,31 0,42 0,37	1,05 1,03 1,03	0,69 0,18 0,18	1,92 2,36 2,36

Tabelle 4.9: Häufigkeitsverteilungen der MWG für OL und UL sagittal und transversal (Angaben in mm)

Im Bereich der Oberlippe wies die PP in den sagittalen Untersuchungen (anhand der MWG) eine Dicke von 1,33 mm auf (Standardabweichung 0,5 mm, Median 1,22 mm), die PM war mit 3,9 mm deutlich dicker (Standardabweichung 1,17 mm, Median 3,84 mm). Die transversale Messung ergab mit 1,11 mm (Standardabweichung 0,39 mm, Median 1,05 mm) sehr ähnliche Ergebnisse im Vergleich zur sagittalen Messung der PP (da die Messung auf Höhe der PP erfolgte, spiegelt dies die exakte Auswahl der Messregion wieder).

Deskriptiv statistisch betrachtet zeigte sich somit, dass die Messungen der PM eine im Schnitt fast dreimal größere Dicke als die Messungen der PP aufwiesen (vgl. Tabelle 9; Mittelwert „Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)“ = 1,33 mm vs. Mittelwert „Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)“ = 3,90 mm), was sich mit

den Bilddaten deckte (vgl. Kap. 3, Abb. 3.10). Der klinische Aspekt der Ultraschallbilder (vgl. Kap. 3, Abb. 3.10 1-3 und 5-7) wurde somit durch die statistischen Auswertungen der Messungen bestätigt.

Für die Unterlippe konnten analoge Daten erhoben werden: Die PP wies in den sagittalen Untersuchungen (anhand der MWG) eine Dicke von 1,35 mm auf (Standardabweichung 0,41 mm, Median 1,26 mm), die PM war 4,83 mm dick (Standardabweichung 1,26 mm, Median 4,89 mm). Sie war somit dicker als die PP und auch dicker als die PM der OL. Die transversale Messung ergab mit 1,11 mm (Standardabweichung 0,37 mm, Median 1,03 mm) nahezu identische Ergebnisse im Vergleich zur Messung der PP der OL.

Im Folgenden wurde dieser Dickenunterschied der PM von OL und UL auf Signifikanz geprüft. Um zu entscheiden, welche Testverfahren (parametrisch vs. non-parametrisch) für die Signifikanzberechnungen angewendet werden müssen, erfolgte zunächst die Prüfung, ob eine Normalverteilung der Messwerte vorliegt oder nicht.

Diese Prüfung auf Normalverteilung der Messwerte für die verschiedenen Messstrecken lieferte ein „gemischtes Bild“: Bei Betrachtung der Histogramme zur Verteilung der Messwerte über die verschiedenen Messstrecken (s. Abb. 4.2 bis 4.11 im Anhang; bei der Erstellung der Histogramme wurde die Lippendicke in Millimeter-Klassen stratifiziert), hätte für die gemittelten Werte der sonographischen Messungen (M1-18) generell von einer Normalverteilung ausgegangen werden können. Diese ließ sich unter Anwendung des KS-Tests mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors jedoch nur für 5 von 18 Messstrecken und beim Shapiro-Wilk-Test (SW-Test) nur für 3 von 18 Messstrecken annehmen, wobei für die MWG in 4 von 6 (KS-Test mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors) bzw. 1 von 6 (SW-Test) Fällen das Vorliegen einer Normalverteilung bestätigt werden konnte (s. Tabelle 4.10).

Messstrecken und MWG	Kolmogorov-Smirnov ^a		Shapiro-Wilk			
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Oberlippe median M1	0,17	67	0,000	0,746	67	0,000
Oberlippe median M2	0,10	67	0,200	0,935	67	0,002
Oberlippe paramedian rechts M3	0,14	67	0,002	0,853	67	0,000
Oberlippe paramedian rechts M4	0,12	67	0,016	0,867	67	0,000
Oberlippe paramedian links M5	0,13	67	0,004	0,836	67	0,000
Oberlippe paramedian links M6	0,12	67	0,028	0,770	67	0,000
Oberlippe transversal M7	0,12	67	0,018	0,919	67	0,000

Oberlippe transversal M8	0,12	67	0,020	0,922	67	0,000
Oberlippe transversal M9	0,16	67	0,000	0,910	67	0,000
Unterlippe median M10	0,08	67	0,200	0,986	67	0,676
Unterlippe median M11	0,13	67	0,010	0,953	67	0,014
Unterlippe paramedian rechts M12	0,08	67	0,200	0,986	67	0,654
Unterlippe paramedian rechts M13	0,16	67	0,000	0,713	67	0,000
Unterlippe paramedian links M14	0,05	67	0,200	0,992	67	0,957
Unterlippe paramedian links M15	0,10	67	0,200	0,960	67	0,030
Unterlippe transversal M16	0,11	67	0,046	0,928	67	0,001
Unterlippe transversal M17	0,18	67	0,000	0,773	67	0,000
Unterlippe transversal M18	0,11	67	0,030	0,912	67	0,000
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	0,11	67	0,057	0,865	67	0,000
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	0,09	67	0,200	0,833	67	0,000
Oberlippe transversal (7,8,9)	0,11	67	0,061	0,926	67	0,001
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	0,05	67	0,200	0,995	67	0,998
Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	0,11	67	0,039	0,894	67	0,000
Unterlippe transversal (16,17,18)	0,14	67	0,004	0,903	67	0,000

^a mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

Tabelle 4.10: KS-Test und Shapiro-Wilk-Test der Messstrecken und MWG (grün = Bestätigung der Normalverteilungsannahme, rot = Ablehnung derselben)

Da mittels SW-Test für die überwiegende Anzahl der Messungen somit die Normalverteilungsannahme nicht bestätigt werden konnte, wurden sämtliche weitere Auswertungen mittels non-parametrischer Testverfahren (Spearman's Rangkorrelationskoeffizient (Spearman's Rho), Mann-Whitney-U-Test und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) durchgeführt.

4.1.3 Signifikanzprüfungen der Dicken-Messwerte

Im Anschluss an die rein deskriptive Auswertung der Datensätze, wurden im Folgenden verschiedene Dickenvergleiche zwischen OL und UL (bei Männern und Frauen, zwischen Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern) durchgeführt.

Vergleiche der Messwertegruppen (MWG) zwischen OL und UL

Zunächst erfolgte ein Dickenvergleich der Anteile des MOO und der diesbezüglich gebildeten MWG („Oberlippe sagittal Pars marginalis“, „Oberlippe sagittal Pars peripheralis“, „Oberlippe transversal“, „Unterlippe sagittal Pars peripheralis“,

„Unterlippe sagittal Pars marginalis“, „Unterlippe transversal“; jeweils gemittelt aus den Schnittebenen median, paramedian rechts und paramedian links; siehe Kap. 3.3.6) bezüglich Dicken-Unterschieden zwischen OL und UL. Durch den Vergleich der MWG der OL mit den jeweils korrespondierenden Werten der UL entstanden dabei 3 gepaarte Stichproben (s. Tabelle 4.11).

MWG	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15) - Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	-0,86 ^a	0,389
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14) - Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	-6,00 ^a	0,0000000019
Unterlippe transversal (16,17,18) - Oberlippe transversal (7,8,9)	-0,56 ^b	0,578

^a basiert auf negativen Rängen d.h. Oberlippe > Unterlippe

^b basiert auf positiven Rängen d.h. Unterlippe > Oberlippe

Tabelle 4.11: Wilcoxon-Test der Rangwerte der MWG von OL vs. UL (grün = signifikant, rot = nicht signifikant, Z = Standardnormalverteilungsvariable der standardisierten Normalverteilung)

Beim Dickenvergleich der MWG der OL mit denen der UL ohne weitere Differenzierung (d.h. ohne Beachtung des Geschlechts oder Unterscheidung zwischen Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern), zeigte sich im Wilcoxon-Test lediglich zwischen den Werten der PM der OL und denen der UL eine signifikante Differenz (Z = -6,00, p = 0,0000000019): Die PM der OL war generell dicker als die PM der UL (vgl. Tabelle 4.11).

Vergleich der MWG zwischen OL und UL von Männern vs. Frauen

Zunächst einmal wurden Dicken-Vergleiche der MWG für OL und UL zwischen Männern und Frauen durchgeführt. Hierbei wurden zunächst Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen, Minima, Maxima und Perzentilen errechnet (s. Tabelle 4.12), die MWG dann nach Rängen gelistet (s. Tabelle 4.13) und mittels Mann-Whitney-U-Test auf Gleichheit der Werteverteilung geprüft (s. Tabelle 4.14).

MWG	Geschlecht	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25	50	75
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	Männer	41	1,45	1,37	0,52	0,47	3,69	1,11	1,37	1,69
	Frauen	26	1,14	1,08	0,41	0,51	2,78	0,89	1,08	1,24
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	Männer	41	4,33	4,23	1,23	1,47	10,20	3,75	4,23	4,88
	Frauen	26	3,21	3,08	0,63	2,28	4,95	2,81	3,08	3,56
Oberlippe transversal (7,8,9)	Männer	41	1,22	1,13	0,42	0,26	2,52	0,92	1,13	1,49
	Frauen	26	0,94	0,85	0,27	0,52	1,83	0,75	0,85	1,11
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	Männer	41	5,28	5,31	1,20	1,64	8,11	4,49	5,31	6,08
	Frauen	26	4,10	3,97	0,98	2,37	6,76	3,43	3,97	4,71
Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	Männer	41	1,44	1,38	0,45	0,32	3,24	1,20	1,38	1,57
	Frauen	26	1,21	1,15	0,31	0,70	1,95	0,98	1,15	1,27
Unterlippe transversal (16,17,18)	Männer	41	1,13	1,09	0,41	0,18	2,36	0,85	1,09	1,31
	Frauen	26	1,08	1,02	0,31	0,69	2,17	0,88	1,02	1,20

Tabelle 4.12: MWG im Vergleich „Männer“ vs. „Frauen“

MWG	Geschlecht	N	Mittlerer	
			Rang	Rangsumme
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	Männer	41	40,0	1642,0
	Frauen	26	24,5	636,0
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	Männer	41	43,3	1777,0
	Frauen	26	19,3	501,0
Oberlippe transversal (7,8,9)	Männer	41	40,1	1646,0
	Frauen	26	24,3	632,0
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	Männer	41	41,8	1713,0
	Frauen	26	21,7	565,0

Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	Männer	41	39,4	1616,0
	Frauen	26	25,5	662,0
Unterlippe transversal (16,17,18)	Männer	41	34,8	1426,0
	Frauen	26	32,8	852,0

Tabelle 4.13: Rangsummenstatistik der MWG bei „Männern“ und „Frauen“

MWG	Mann-Whitney-U	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	285,0	-3,19	0,001
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	150,0	-4,93	0,0000008
Oberlippe transversal (7,8,9)	281,0	-3,24	0,001
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	214,0	-4,10	0,00004
Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	311,0	-2,86	0,004
Unterlippe transversal (16,17,18)	501,0	-0,41	0,681

Tabelle 4.14: Mann-Whitney-U-Test der Gleichheit der Werteverteilung der MWG bei „Männern“ und „Frauen“ (grün = signifikant, rot = nicht signifikant, Z = Standardnormalverteilungsvariable der standardisierten Normalverteilung)

Die OL von Männern wiesen im Gegensatz zu den OL von Frauen bei allen MWG eine signifikant größere mittlere Dicke auf (Oberlippe sagittal Pars peripheralis [Z = -3,19, p = 0,001], Oberlippe sagittal Pars marginalis [Z = -4,93, p = 0,0000008] und Oberlippe transversal [Z = -3,24, p = 0,001]). Dies galt auch für die entsprechenden mittleren Dickenwerte der UL (Unterlippe sagittal Pars peripheralis [Z = -2,86, p = 0,004], Unterlippe sagittal Pars marginalis [Z = -4,10, p = 0,00004]), allerdings mit Ausnahme der transversalen Messungen, welche sich als einzige an der UL nicht signifikant unterschieden.

Geschlechter-getrennter Vergleich der MWG zwischen OL und UL

Im nächsten Schritt wurden die MWG nach Geschlechtern getrennt untersucht und mittels Wilcoxon-Test die MWG der OL jeweils mit den korrespondierenden Werten der UL verglichen, um herauszufinden, ob sich die MWG zwischen OL und UL innerhalb der Geschlechter signifikant unterscheiden. Es entstanden hierdurch drei gepaarte Stichproben pro Geschlecht (s. Tabelle 4.15).

Geschlecht	MWG	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Männer	Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15) - Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	-0,14 ^b	0,892
	Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14) - Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	-4,50 ^a	0,000007
	Unterlippe transversal (16,17,18) - Oberlippe transversal (7,8,9)	-1,96 ^b	0,050
Frauen	Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15) - Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	-1,66 ^a	0,096
	Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14) - Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	-4,05 ^a	0,00005
	Unterlippe transversal (16,17,18) - Oberlippe transversal (7,8,9)	-1,77 ^a	0,078

^a basiert auf negativen Rängen d.h. Oberlippe > Unterlippe

^b basiert auf positiven Rängen d.h. Unterlippe > Oberlippe

Tabelle 4.15: Vergleich der Differenzen zwischen den MWG von OL und UL für Männer und Frauen sowie Signifikanzprüfung mittels Wilcoxon-Test (grün = signifikant, rot = nicht signifikant, Z = Standardnormalverteilungsvariable der standardisierten Normalverteilung)

Hierbei zeigte sich, dass bei Männern in den sagittalen Messungen der PM die OL signifikant dicker war als die UL [Z = -4,50, p = 0,000007]. Zusätzlich erwies sich bei Männern in den transversalen Messungen der PP die UL signifikant dicker als die OL [Z = -1,96, p = 0,050]. Bei den sagittalen Messungen im Bereich der PP gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen OL und UL.

Bei Frauen zeigte sich lediglich in den sagittalen Messungen der PM die OL signifikant dicker als die UL [Z = -4,05, p = 0,00005]. Die MWG der PP und der transversalen Messungen unterschieden sich nicht zwischen OL und UL.

Vergleich der MWG zwischen OL und UL von Blechbläsern vs. Nicht-Blechbläsern

Im Anschluss wurden Dicken-Vergleiche der MWG für OL und UL zwischen Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern durchgeführt.

Hierfür wurden Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen, Minima, Maxima und Perzentilen errechnet (s. Tabelle 4.16), die MWG dann nach Rängen gelistet

(s. Tabelle 4.17) und mittels Mann-Whitney-U-Test auf Gleichheit der Werteverteilung geprüft (s. Tabelle 4.18).

MWG	Blechbläser	N	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25	50	75
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	nein	30	1,14	1,06	0,37	0,51	2,02	0,88	1,06	1,35
	ja	37	1,48	1,37	0,54	0,47	3,69	1,17	1,37	1,64
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	nein	30	3,54	3,30	0,87	2,28	5,69	3,01	3,30	4,16
	ja	37	4,18	3,98	1,30	1,47	10,20	3,64	3,98	4,74
Oberlippe transversal (7,8,9)	nein	30	0,94	0,86	0,24	0,52	1,61	0,76	0,86	1,10
	ja	37	1,25	1,21	0,44	0,26	2,52	0,98	1,21	1,50
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	nein	30	4,47	4,37	1,16	2,37	7,18	3,52	4,37	5,25
	ja	37	5,11	5,16	1,27	1,64	8,11	4,19	5,16	6,05
Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	nein	30	1,25	1,20	0,35	0,70	2,26	0,98	1,20	1,38
	ja	37	1,43	1,38	0,45	0,32	3,24	1,17	1,38	1,57
Unterlippe transversal (16,17,18)	nein	30	1,11	1,05	0,31	0,69	1,92	0,90	1,05	1,24
	ja	37	1,11	1,03	0,42	0,18	2,36	0,85	1,03	1,25

Tabelle 4.16: MWG im Vergleich Blechbläser vs. Nicht-Blechbläser

MWG	Blechbläser	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	nein	30	24,9	747,0
	ja	37	41,4	1531,0
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	nein	30	26,6	799,0
	ja	37	40,0	1479,0
Oberlippe transversal (7,8,9)	nein	30	25,0	751,0
	ja	37	41,3	1527,0
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	nein	30	27,7	830,0
	ja	37	39,1	1448,0

Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	nein	30	27,8	835,0
	ja	37	39,0	1443,0
Unterlippe transversal (16,17,18)	nein	30	35,4	1062,0
	ja	37	32,9	1216,0

Tabelle 4.17: Rangsummenstatistik der MWG bei Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern

MWG	Mann-Whitney-U	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	282,000	-3,44	0,001
Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	334,000	-2,79	0,005
Oberlippe transversal (7,8,9)	286,000	-3,39	0,001
Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14)	365,000	-2,40	0,017
Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15)	370,000	-2,33	0,020
Unterlippe transversal (16,17,18)	513,000	-0,53	0,596

Tabelle 4.18: Mann-Whitney-U-Test der Gleichheit der Werteverteilung der MWG bei Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern (grün = signifikant, rot = nicht signifikant, Z = Standardnormalverteilungsvariable der standardisierten Normalverteilung)

Die OL von Blechbläsern wiesen im Gegensatz zu den OL von Nicht-Blechbläsern bei allen MWG eine signifikant größere mittlere Dicke auf (Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5) [z = -3,44, p = 0,001], Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6) [z = -2,79, p = 0,005] und Oberlippe transversal (7,8,9) [z = -3,39, p = 0,001]).

Dies galt auch für die Dickenwerte der UL, Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14) [z = -2,40, p = 0,017], Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15) [z = -2,33, p = 0,020]), allerdings mit Ausnahme der transversalen Messungen.

Vergleich der MWG zwischen OL und UL innerhalb der Gruppen Blechbläser bzw. Nicht-Blechbläser

Zusätzlich wurden mittels Wilcoxon-Test die MWG der OL jeweils mit den korrespondierenden MWG der UL verglichen und nach Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern getrennt untersucht, um zu ermitteln, ob es innerhalb dieser beiden Gruppen signifikante Differenzen zwischen den MWG der OL und UL gibt. Es entstanden hierdurch erneut drei gepaarte Stichproben pro Gruppe (s. Tabelle 4.19).

Blechbläser	MWG	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
nein	Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15) - Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	-1,68 ^a	0,094
	Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14) - Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	-4,56 ^a	0,000005
	Unterlippe transversal (16,17,18) - Oberlippe transversal (7,8,9)	-2,75 ^a	0,006
ja	Unterlippe sagittal Pars peripheralis (11,13,15) - Oberlippe sagittal Pars peripheralis (1,3,5)	-0,23 ^b	0,815
	Unterlippe sagittal Pars marginalis (10,12,14) - Oberlippe sagittal Pars marginalis (2,4,6)	-4,10 ^a	0,00004
	Unterlippe transversal (16,17,18) - Oberlippe transversal (7,8,9)	-3,07 ^b	0,002

^a basiert auf negativen Rängen d.h. Oberlippe > Unterlippe

^b basiert auf positiven Rängen d.h. Unterlippe > Oberlippe

Tabelle 4.19: Vergleich der Differenzen zwischen den MWG von OL und UL für Blechbläser und Nicht-Blechbläser sowie Signifikanzprüfung mittels Wilcoxon-Test (grün = signifikant, rot = nicht signifikant, Z = Standardnormalverteilungsvariable der standardisierten Normalverteilung)

Bei Blechbläsern war in den sagittalen Messungen der PM die OL signifikant dicker als die UL [z = -4,10, p = 0,000], zusätzlich zeigte sich bei den transversalen Messungen die UL signifikant dicker als die OL [z = -3,07, p = 0,002].

Bei Nicht-Blechbläsern erwies sich in den sagittalen Messungen der PM die OL signifikant dicker als die UL [z = -4,56, p = 0,000], dies galt auch für die transversalen Messungen [z = -2,75, p = 0,006].

4.1.4 Zusammenfassung der statistischen Ergebnisse

Bei Betrachtung des Gesamtkollektivs (41 m, 26 w, davon 37 Blechbläser) zeigten sich:

1. im Bereich der OL folgende MWG des MOO (s. Tab 4.9):
 - PP (sagittal) = 1,33 mm (Standardabweichung 0,5 mm, Median 1,22 mm)
 - PM (sagittal) = 3,9 mm (Standardabweichung 1,17 mm, Median 3,84 mm)
 - PP (transversal) = 1,11 mm (Standardabweichung 0,39 mm, Median 1,05 mm)
2. im Bereich der UL folgende MWG des MOO (s. Tab 4.9):
 - PM (sagittal) = 4,83 mm (Standardabweichung 1,26 mm, Median 4,89 mm)
 - PP (sagittal) = 1,35 mm (Standardabweichung 0,41 mm, Median 1,26 mm)
 - PP (transversal) = 1,11 mm (Standardabweichung 0,37 mm, Median 1,03 mm)
3. für OL **und** UL eine etwa dreimal größere Dicke der PM im Vergleich zur PP
4. im Vergleich zwischen OL und UL eine signifikant dickere PM der UL.

Beim Vergleich zwischen den Geschlechtern ergaben sich folgende Unterschiede zwischen OL und UL in sagittalen und transversalen Messungen:

- Die OL von Männern wiesen im Gegensatz zu den OL von Frauen für alle MWG (d.h. bei sagittalen Messungen der PP und PM, sowie bei transversalen Messungen) eine signifikant größere mittlere Dicke auf.
- Auch die UL von Männern wiesen sagittal im Bereich der PP und PM eine signifikant größere mittlere Dicke als die UL von Frauen auf.
- Eine Ausnahme bildeten die transversalen Messungen der UL, welche sich zwischen den Geschlechtern nicht signifikant unterschieden.

Bei der Betrachtung getrennt nach Geschlechtern ließen sich folgende Unterschiede zwischen OL und UL in sagittalen und transversalen Messungen feststellen:

Männer:

- Bei Männern war die Muskulatur der OL in den sagittalen Messungen im Bereich der PM signifikant dicker als an der UL. Die sagittalen Messungen der PP unterschieden sich nicht zwischen OL und UL. Zusätzlich zeigte sich bei Männern in den transversalen Messungen die Muskulatur der UL signifikant dicker als die Muskulatur der OL.

Frauen:

- Bei Frauen zeigte sich in den sagittalen Messungen der PM die OL signifikant dicker als die UL. Die Dicken der PP in sagittalen Messungen und transversalen Messungen unterschieden sich nicht signifikant zwischen OL und UL.

Beim Vergleich von Blechbläsern mit Nicht-Blechbläsern ergaben sich folgende Unterschiede zwischen OL und UL in sagittalen und transversalen Messungen:

- Die OL und UL von Blechbläsern wiesen bei nahezu allen MWG (d.h. im Bereich der sagittalen Messungen der PP und PM für OL und UL, sowie bei den transversalen Messungen der OL) eine signifikant größere mittlere Dicke auf als die Lippen von Nicht-Blechbläsern.
- Einzige Ausnahme bildeten die transversalen Messungen der UL, bei denen sich die Werte zwischen Blechbläsern mit Nicht-Blechbläsern nicht signifikant unterschieden.
- Bei Blechbläsern war in den transversalen Messungen die Muskulatur der UL signifikant dicker als die Muskulatur der OL, während es sich bei Nicht-Blechbläsern genau umgekehrt verhielt.

Bei der Betrachtung getrennt nach Blechbläsern und Nicht-Blechbläsern ließen sich folgende Unterschiede zwischen OL und UL in sagittalen und transversalen Messungen feststellen:

Blechbläser:

- Für Blechbläser ergab sich bei sagittalen Messungen im Bereich der PP kein Unterschied zwischen OL und UL, jedoch war die PM sagittal im Bereich der OL dicker als bei der UL.
- Bei Blechbläsern erwies sich in den transversalen Messungen die Muskulatur der UL signifikant dicker als die Muskulatur der OL.

Nicht-Blechbläser:

- Für Nicht-Blechbläser zeigte sich bei sagittalen Messungen im Bereich der PP kein Unterschied zwischen OL und UL, jedoch war die PM sagittal im Bereich der OL dicker als bei der UL.
- Bei Nicht-Blechbläsern war die Muskulatur der OL in den transversalen Messungen signifikant dicker als die Muskulatur der UL.

4.2 Klinische Untersuchungsergebnisse

4.2.1 B-mode-Sonographie

Formgebung und Anteile des MOO in der transversalen B-mode-Ansicht

Sonomorphologisch ließen sich die schon in Kapitel 2 benannten Schichten in allen Individuen der Studie abgrenzen. Der MOO im Speziellen ließ sich im B-mode nur in seinen tiefen Anteilen PP und PM sicher von den restlichen Lippenweichteilen als echoarmes Band differenzieren, die PS hingegen nicht eindeutig (s. Abb. 4.12; vgl. Kap. 2).

Transversale Ausweichmessungen waren nicht erforderlich, da sich keine größeren Abkopplungsartefakte oder Hypervaskularisierungen zeigten.

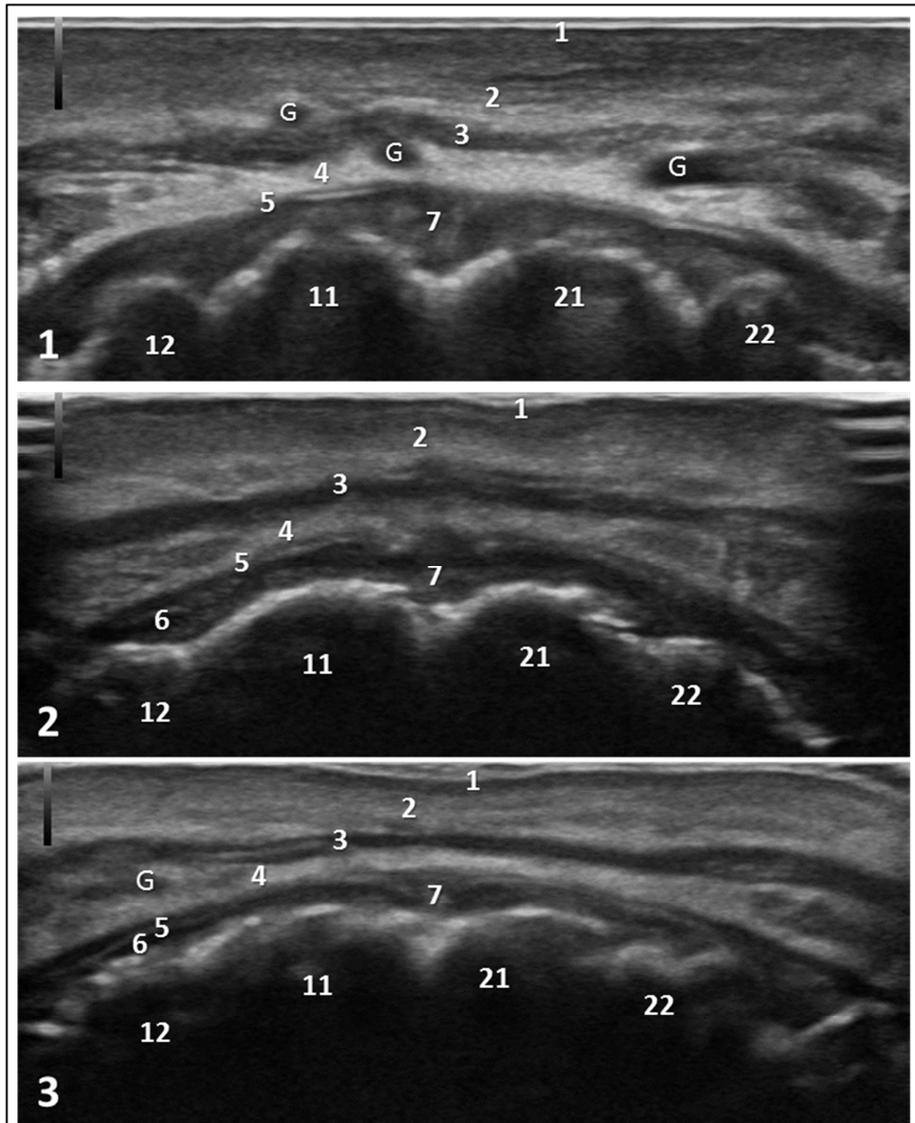


Abb. 4.12: Transversalschnitte der OL (B-mode)

1-3 Jeweils korrespondierende Mediansagittalaufnahmen der Oberlippe von 3 Probanden (Alter: 23-73 Jahre; 2 Männer, 1 Frau). Zuoberst liegt die Epidermis (1), darunter Bindegewebe (=Subkutis) mit den Fasern der Pars superficialis (2). Die P. peripheralis (3) zeigt sich als hypoechogenes Band. Etwaige Gefäße sind mit einem G markiert. Unter einer weiteren inneren Bindegewebschicht (=Submukosa) (4) liegt die Mundschleimhaut (=Mukosa) (5), dahinter zeigt sich das Vestibulum oris wegen Speichel echoarm (6), mittig liegt das Frenulum labii (7). Mit angeschnitten sind die Inzisivi (12,11,21 und 22).

Formgebung und Anteile des MOO in der sagittalen B-mode-Ansicht

Der MOO wies in seiner Konfiguration im Bereich des „Hockeyschlägers“, d.h. der PM, eine deutliche interindividuelle Variabilität auf. Dies lässt sich im direkten Vergleich von 10 zufällig ausgewählten Mediansagittalschnitten der OL zeigen (zur besseren Erkennbarkeit wurde die PM zart violett und halb transparent markiert, um die Konturen hervorzuheben ohne diese zu überlagern, s. Abb. 4.13, zur Erläuterung der Schnittebene siehe Abb. 2.3 a in Kap. 2): In Beispiel 1 ist die PM gleichmäßig und kompakt, ohne deutliche Kurvenbildung. In Beispiel 2 zeigt sich die Muskulatur etwas aufgelockert und dafür mit etwas mehr Kurvenbildung. In Beispiel 3 ist die PM gleichmäßig und kompakt, mit deutlicher Kurvenbildung und guter Abgrenzbarkeit. In Beispiel 4 ist eine generelle Verbreiterung der Muskulatur sichtbar, welche sich zudem aufgelockert, septiert und schwer abgrenzbar darstellt. Auch in Beispiel 5 zeigt sich die Muskulatur verbreitert, die PM ist jedoch deutlich verplumpt. In Beispiel 6 ist die Muskulatur kompakt angeordnet, die PM zeigt im mittleren Anteil eine durchgehende Unterbrechung, deren Echogenität der des angrenzenden Gewebes entspricht und am ehesten als bindegewebige Septierung zu betrachten ist. In Beispiel 7 ist die Muskulatur relativ breit, die PM zeigt eine stark ausgeprägte weite Kurvenform. In Beispiel 8 zeigt sich die PM kompakt mit einer angedeuteten Septierung, während in Beispiel 9 die Muskelfasern sehr ungleichmäßig verteilt sind, die PM dadurch schwer abgrenzbar ist und keine eindeutige Kurvenform aufweist. In Beispiel 10 hat der MOO allgemein einen kräftigen Durchmesser mit kompakter Muskulatur.

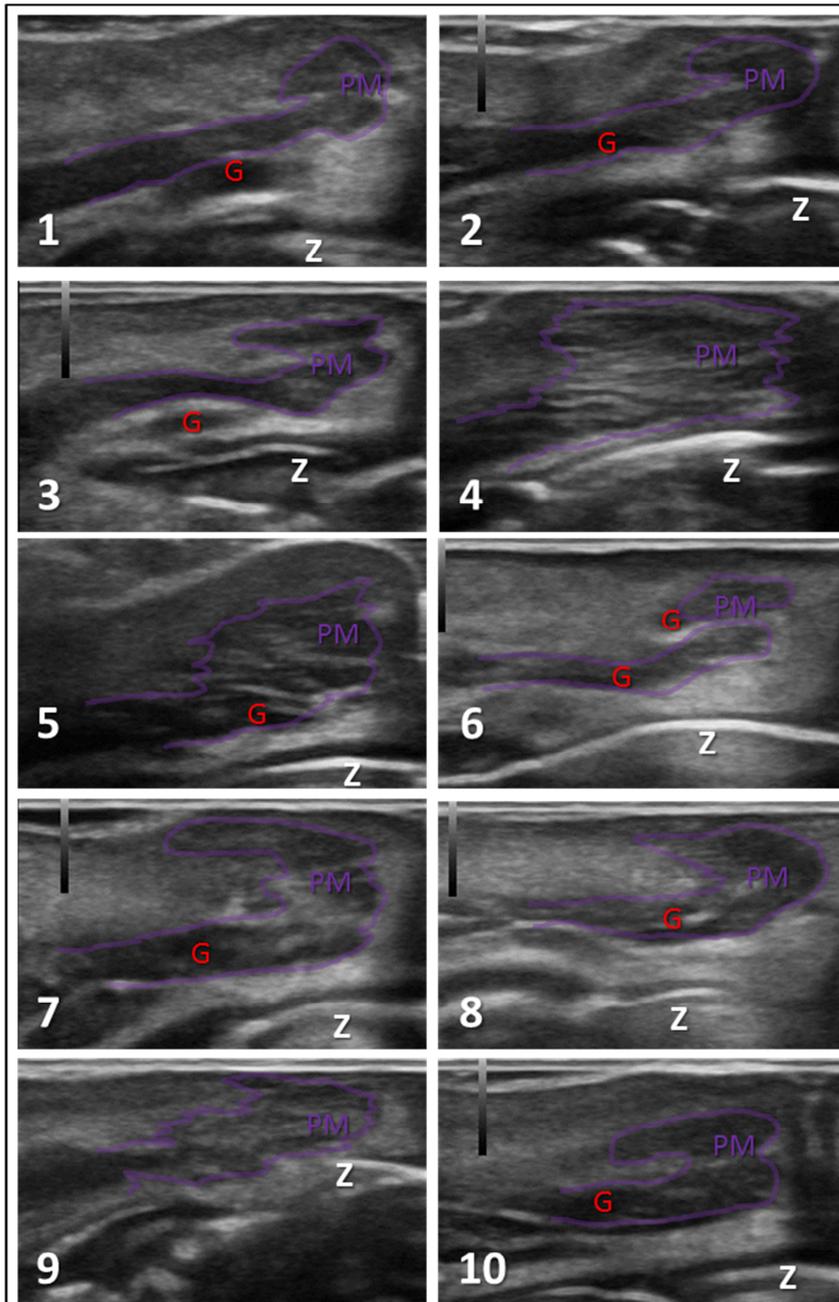


Abb. 4.13: 10 Sagittalschnitte der OL (B-mode-Ultraschall)

1-10 Jeweils korrespondierende mediansagittale Aufnahmen der Oberlippe von 10 Probanden (Alter: 22-75 Jahre; 7 Männer, 3 Frauen). Die Pars marginalis (PM) hat individuell unterschiedliche Konfigurationen. Gefäße sind mit einem G und Zähne mit einem Z markiert.

Form und Verlauf der P. marginalis können auch durch die Zahnkonfiguration beeinflusst werden, z.B. wenn die Zähne trotz geringem Anpressdruck des Schallkopfes die Lippenweichteile eindrücken (s. Abb. 4.14).

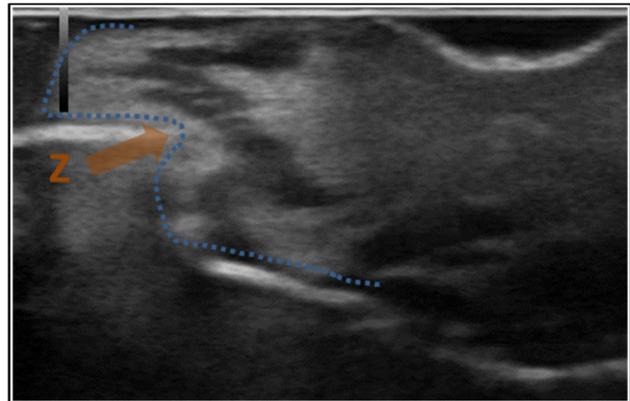


Abb. 4.14: Eindrücken der Lippe durch Zähne
Sagittalschnitt der UL im Ultraschall-B-mode

Sichtbar ist ein Eindrücken (➔) der Lippenweichteile durch die Frontzähne (Z) des Oberkiefers mit daraus resultierender Konturveränderung (.....).

Im Vergleich dazu sind in Abb. 4.13 Oberlippen ohne Zahnimpressionen des MOO abgebildet.

Auch in sagittalen Ebenen wurden Zahnanschnitte als Landmarken berücksichtigt (s. Abb. 4.13).

Die topographisch-anatomische Lage und Konfiguration des „Hockeyschlägers“ der PM ist in Bezug auf die Zähne sehr variabel (vgl. Abb. 4.13). So liegt die PM mal mehr auf Höhe des Zahnhalses (s. Abb. 4.13. 2) oder mal mehr auf Höhe der Zahnkrone (s. Abb. 4.13. 6).

Durch die charakteristische Zahnkonfiguration an Ober- und Unterkiefer (prominente Inzisivi am Oberkiefer und homogen kleinere Inzisivi am Unterkiefer) kann sehr gut bestimmt werden, auf welcher Schnitthöhe man sich befindet und welche Lippe abgebildet ist (vgl. Kap. 2 Abb. 2.4 c' und d'). Diese Erkenntnis (d.h. die Nutzung der Zähne als Landmarken) führte zur Erstellung des Untersuchungsschemas (s. Kap. 3, Abb. 3.9), welches sich als Vorlage für zukünftige Mundlippenuntersuchungen anbietet.

Bei hohem Anpressdruck kommt es zu einem verstärkten Eindrücken der Frontzähne in die Lippenweichteile, und die Kontur des MOO wird durch die Kompression stark verändert (die PM wird gestaucht, und die Hockeyschlägerform wird zu einer spitzeren Hakenform; s. Abb. 4.15).

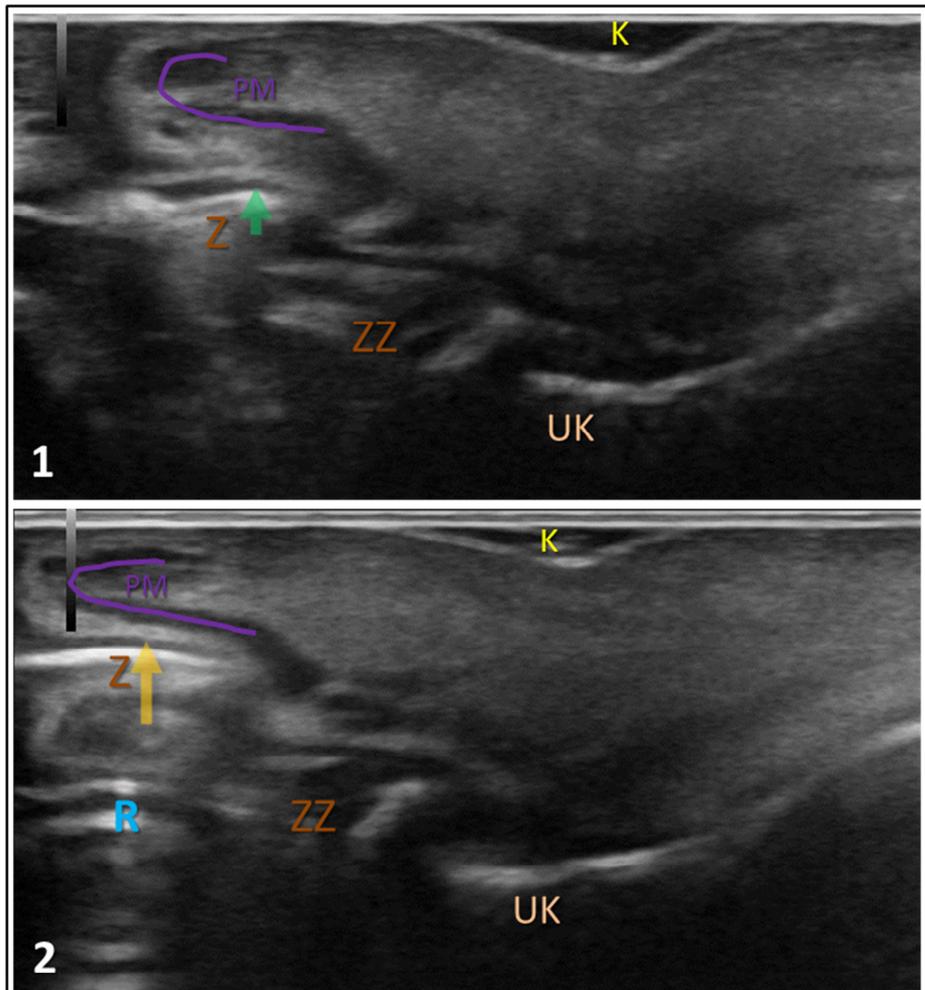


Abb. 4.15: Auswirkung des Anpressdruckes auf die Kontur des MOO in sagittalen Ebenen

- 1 Mediansagittalschnitt der Unterlippe (UL) mit geringem Anpressdruck**
 Der Anpressdruck wurde so gering wie möglich gewählt. Die Abb. zeigt die UL einer 23-jährigen Probandin. Die Pars marginalis (PM) hat einen typischen „Hockeyschläger-Verlauf“. Die Frontzähne (Z) des Oberkiefers drücken kaum in die Lippe ein (→), darunter sind Zahnzwischenraum (ZZ) und Unterkiefer (UK) sichtbar. Das Kinngübchen (K) ist kurvig ausgeprägt und mit reichlich Schallgel gefüllt.
- 2 Mediansagittalschnitt der UL mit hohem Anpressdruck**
 Die PM zeigt sich im Vergleich abgeflacht und gestaucht. Die Frontzähne (Z) des Oberkiefers drücken sich flächig in die Lippe ein (→). Das Kinngübchen (K) ist flacher und mit weniger Schallgel gefüllt. Hinter den Frontzähnen (Z), zeigen sich Reverberationsartefakte (R).

Veränderung des MOO bei Anspannung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Blasmusiker zur Formung eines sog. „Ansatzes“ und Nicht-Blasmusiker zur Bildung eines „Kussmundes“ aufgefordert (s. Kap. 3, Abb. 3.5).

Aufgrund der Muskelkontraktion kam es zu einer Verdickung des MOO im Bereich der PP (s. Abb. 4.16 und 4.17), dabei trat auch eine deutliche Oberflächenverformung der Lippen auf (s. Kap. 3, Abb. 3.5).

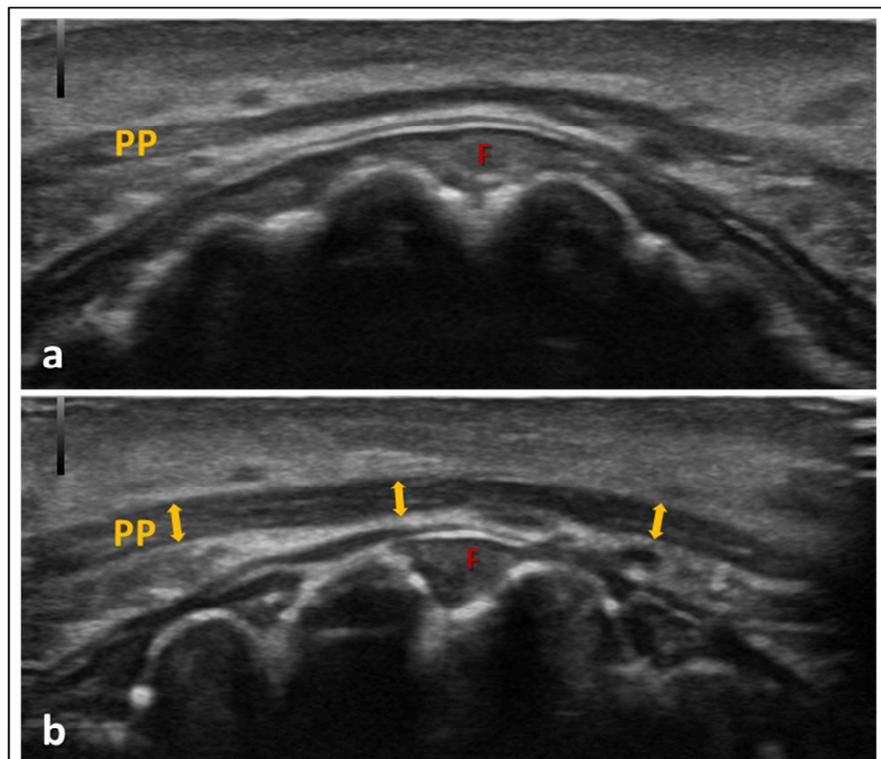


Abb. 4.16: Dickenzunahme des MOO bei Anspannung

- a B-mode-Transversalschnitt der OL in Entspannung**
Die Aufnahme zeigt die transversal angeschnittene **PP** im Bereich der Zahnhäse. Mit angeschnitten ist das Frenulum labii (**F**).
- b B-mode-Transversalschnitt der OL in Anspannung**
Die **PP** zeigt sich bei Anspannung im Vergleich zu a deutlich verdickt (**↔**) und angedeutet aufgefächert (einzelne Muskelfaserbündel sind zu erkennen).

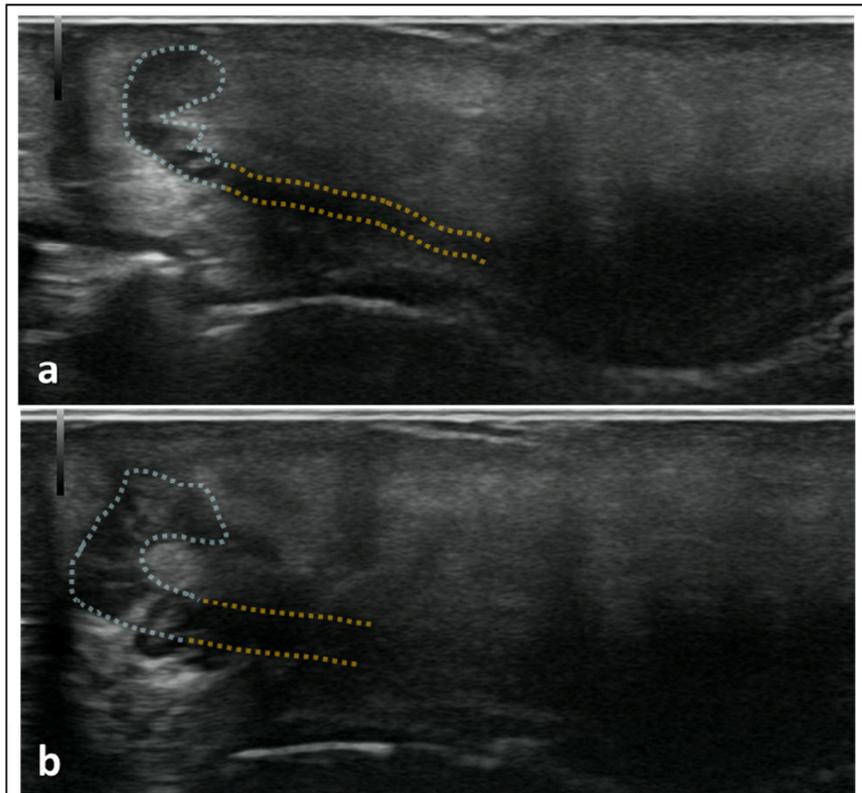


Abb. 4.17: Veränderung des MOO bei Anspannung (sagittal)

- a B-mode-Sagittalschnitt der UL in Entspannung**
Die Aufnahme zeigt die sagittal angeschnittene **PM** der UL im Bereich des medialen Unterkiefers. Die **PP** lässt sich relativ weit verfolgen.
- b B-mode-Sagittalschnitt der UL in Anspannung**
Die **PM** zeigt sich im Vergleich zu a verdickt, verplumt und eingerollt. Die **PP** lässt sich nur schwer vom umliegenden Gewebe abgrenzen.

Insbesondere in sagittalen Schnittebenen bestand bei Anspannung oftmals eine mangelnde Ankopplung, der MOO ließ sich im Bereich der PP nicht mehr so gut abgrenzen. Der MOO ließ sich im Bereich der PM besser darstellen und zeigte eine ausgeprägtere Hockeyschlägerform im Sinne einer Verdickung, Verplumpung eines Einrollens (s. Abb. 4.17).

Der Schallkopf wurde aufgrund der Kontraktion des MOO und der damit verbundenen Formänderung der Lippe, ergo durch die Bewegung der Unterlage und trotz Gegensteuern durch den Untersucher, relativ nach kranial verschoben (s. Abb. 4.18).

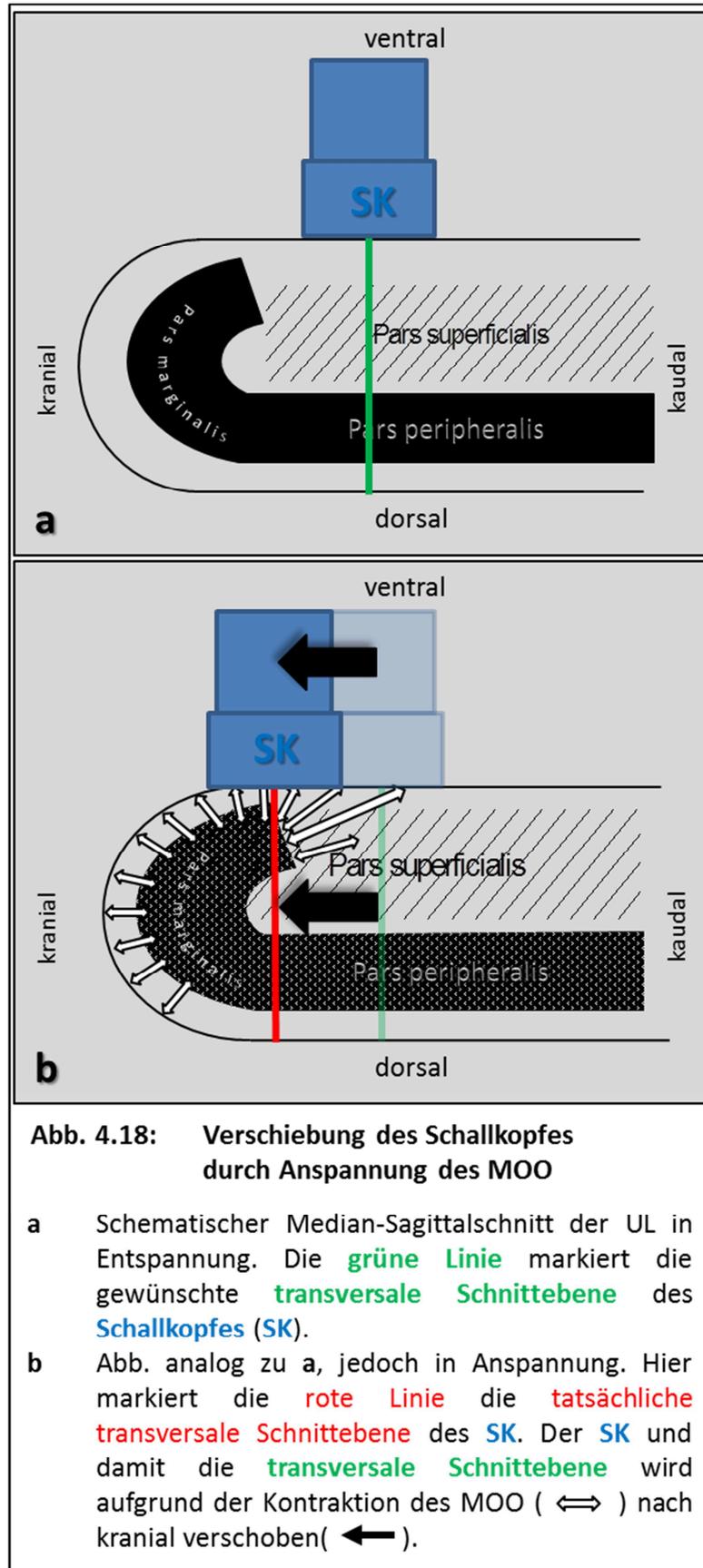


Abb. 4.18: Verschiebung des Schallkopfes durch Anspannung des MOO

- a Schematischer Median-Sagittalschnitt der UL in Entspannung. Die **grüne Linie** markiert die gewünschte **transversale Schnittebene** des **Schallkopfes (SK)**.
- b Abb. analog zu a, jedoch in Anspannung. Hier markiert die **rote Linie** die **tatsächliche transversale Schnittebene** des **SK**. Der **SK** und damit die **transversale Schnittebene** wird aufgrund der Kontraktion des MOO (↔) nach kranial verschoben(←).

Bei der transversalen Ultraschalluntersuchung des MOO ergab sich im angespannten Zustand das Problem der Auswahl der richtigen Schnitthöhe in der Sagittalebene: Es kam vermehrt zu einem „Abrutschen“ des Schallkopfes und Darstellung der PM anstatt der PP (vgl. Abb. 4.18). Dies geschah aufgrund der durch die Muskelkontraktion bedingten Verkürzung und Verdickung des MOO, welche wiederum eine Verformung bzw. Verkürzung der Lippenweichteile und damit eine Bewegung der Unterlage des Schallkopfes zufolge hatte. Jedoch zeigte sich der Muskel bei Anspannung im Bereich der PM präziser abgrenzbar und somit besser sichtbar. In der sagittalen Ebene kam es ebenfalls durch Anspannung zu einem seitlichen Abrutschen des Schallkopfes und durch die Zunahme der Konvexität der Lippe erhöhte sich die Gefahr von Abkopplungsartefakten im Randbereich. Daher musste der Schallkopf nachgeführt werden, um zu versuchen, auf derselben Schnitthöhe wie zuvor im entspannten Zustand zu bleiben.

Landmarken

Als wichtige Landmarke für Messungen der PP des MOO im Transversalschnitt dienen die Zähne. An der OL kann man zusätzlich nach oben im Bereich der PP das Frenulum labii (s. Abb. 4.19 A, 4.20 A) und nach unten im Bereich der PM die „Doppelung“ des MOO aufgrund des Anschnittes beider „Hockeyschläger“-Anteile (s. Abb. 4.19 B, 4.20 B) identifizieren. Anstelle der zuletzt genannten Doppelung der PM kann auch eine breite Auffächerung bzw. „Dickenzunahme“ der PM (sozusagen im Bereich der „Spitze des Hockeyschlägers“) vorkommen (s. Kap. 5.2, Abb. 5.6 a und 5.7 a). Bei Untersuchungen an der UL gilt analog zur OL die Doppelung der PM als Grenze nach oben, nach unten fällt das Frenulum als Landmarke weg, sodass nur die Zähne als Landmarken dienen können.

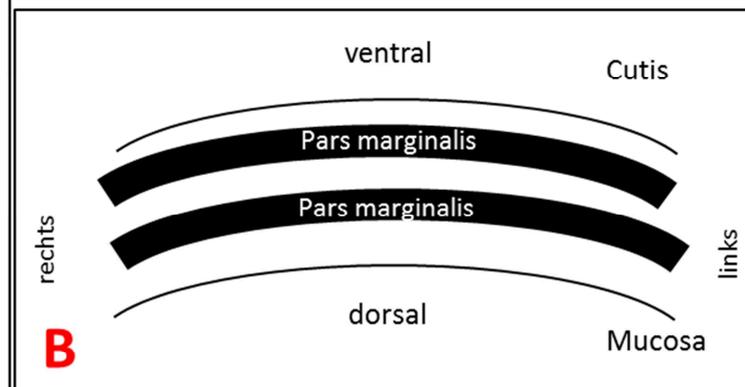
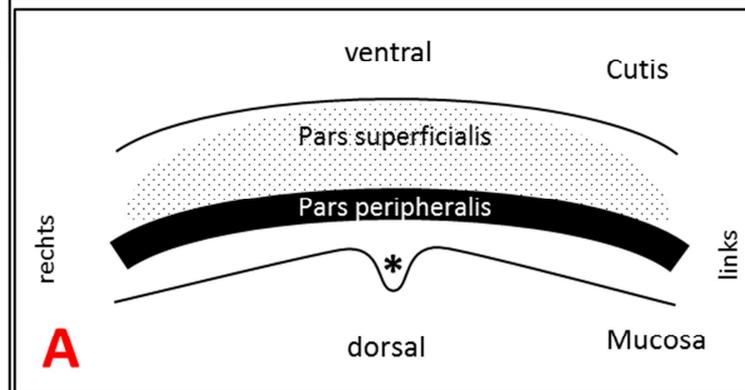
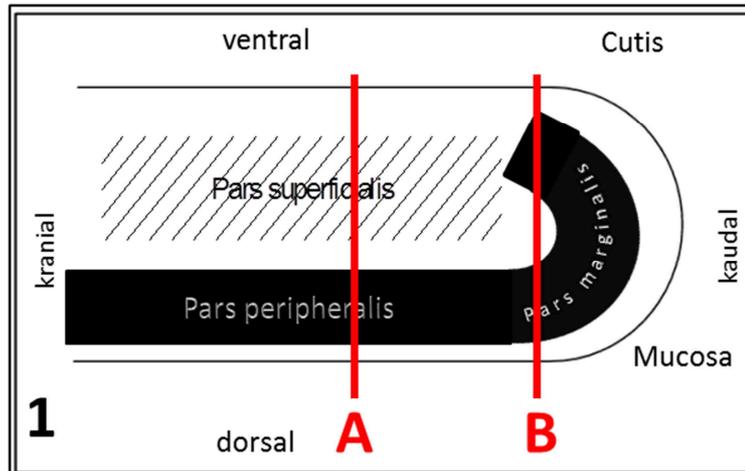


Abb. 4.19: Landmarken in transversalen B-mode-Aufnahmen der Oberlippe (Schema)

1 Mediansagittalschnitt der OL

Pars marginalis (PM) + Pars peripheralis (PP) = Pars profunda

Die rote Linien markieren 2 mögliche transversale Schnittebenen, welche in **A** und **B** dargestellt sind.

A Transversalschnitt der OL

Aufgrund der Schnitthöhe sind nur die PP, PS und das Frenulum labii (*) sichtbar.

B Transversalschnitt der OL

Aufgrund der Schnitthöhe ist die PM gedoppelt sichtbar.

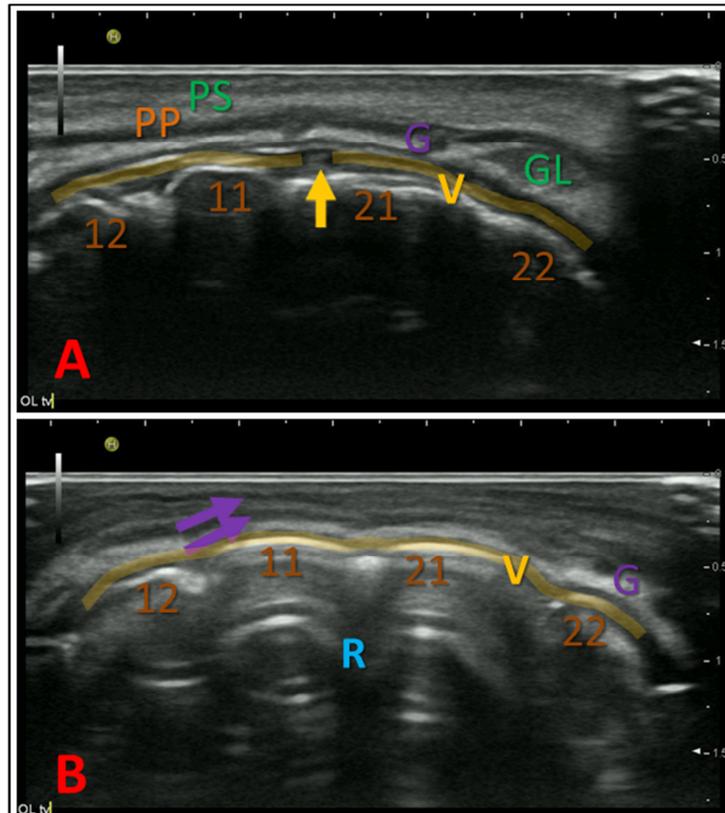


Abb. 4.20: Landmarken in transversalen B-mode-Aufnahmen der OL: Frenulum labii und Doppelung der PM

A Schnitt auf Höhe des Lippenbändchens

In dieser Schnitthöhe sind nur die **PP**, **PS** und das Frenulum labii (**→**) sichtbar. Aufgrund einer minimalen Drehung des Schallkopfes zeigt sich der rechte Frontzahn (**11**) prominent. Vor den Zähnen (**12**, **11**, **21** und **22**) ist das Vestibulum oris (**V**) sichtbar. Zudem sind links im Bereich der Submukosa eine Glandula labialis (**GL**) und Lippengefäße (**G**) angeschnitten.

B Schnitt auf Höhe der Zahnkronen

Aufgrund der Schnitthöhe ist die PM (**→**) doppelt sichtbar. In Folge der starken schallkopfnahen Reflexion durch die Zähne (**12**, **11**, **21** und **22**) zeigen sich dahinter Reverberationsartefakte (Wiederholungsechos, **R**). Auch hier ist das Vestibulum oris (**V**) erkennbar. Links lateral sind ebenfalls Lippengefäße (**G**) der Submukosa angeschnitten.

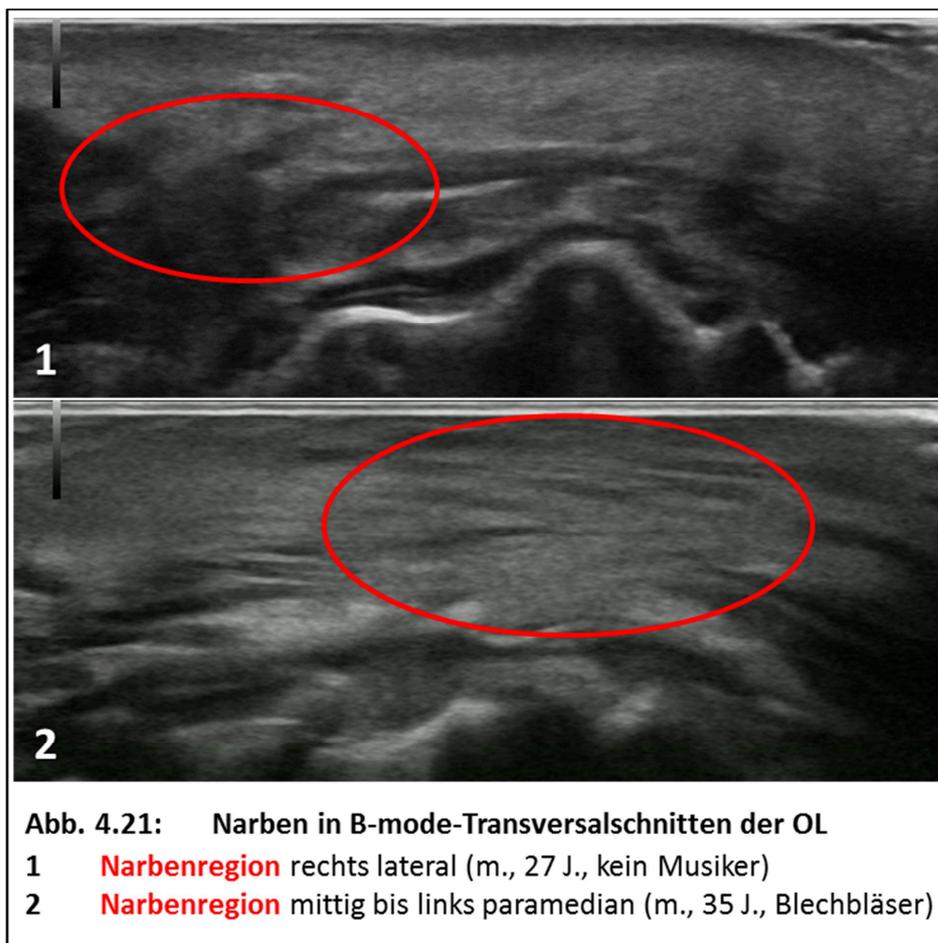
Die PM des MOO kann sich entweder kompakt als gleichmäßige Einheit oder mehr als unregelmäßige Anreihung von aufgefächerten Muskelfaserbündeln zeigen, außerdem kann die individuelle Konfiguration der PM von der klassischen

„Hockeyschlägerform“ deutlich abweichen und beispielsweise verplumpt sein (wie in Abb. 4.13 gezeigt).

Die Echomuster der PM weisen somit je nach Schnitthöhe eine schwankende Uniformität (d.h. keine Gleichmäßigkeit) auf.

Narben in der B-mode-Sonographie

Durch Narben hervorgerufene Diskontinuitäten (s. Abb. 4.21) ließen sich unter Kenntnis des Normalbefundes (vgl. Abb. 4.12) gut darstellen (n= 5). Die Lokalisation (z.B. „rechts lateral“) erfolgte anhand der Zahnkronen als Landmarken (vgl. Kap. 3 und 5).



4.2.2 Farbduplexsonographie

Bei allen 67 Studienteilnehmern konnten problemlos Farbduplexaufnahmen mit Darstellung der Lippengefäße an OL und UL durchgeführt werden (s. Abb. 4.22). In 11 Fällen wurden während der Untersuchung interessante Farbdoppler-Befunde wie etwa detailliert erkennbare Gefäßverläufe oder ausgeprägte Vaskularisierung in Form von Standbildern und Videos gespeichert. Hier ergab sich, sowohl in der OL als auch in der UL, ein charakteristischer geschwängelter Verlauf der Lippengefäße in der transversalen Ebene, welcher eine ausgeprägte interindividuelle Variation aufwies.

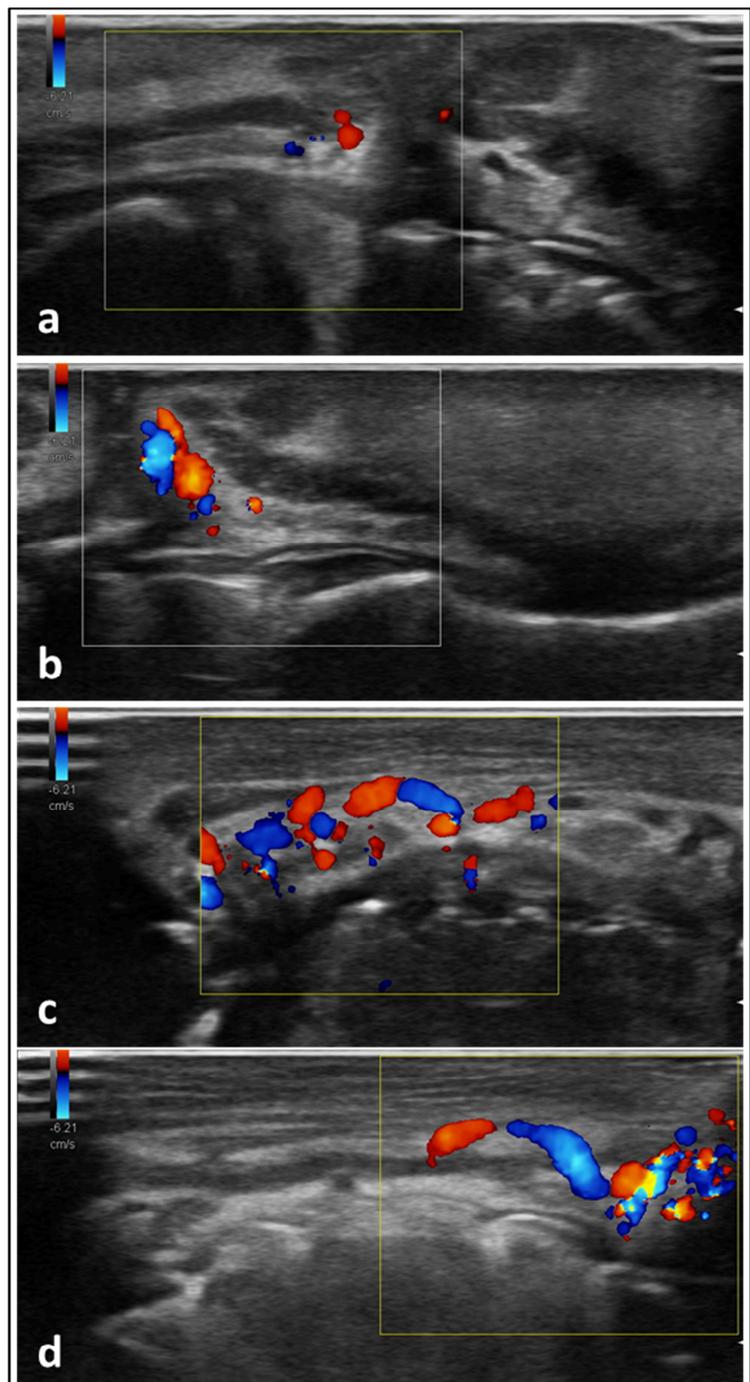


Abb. 4.22: Farbduplex-Sonographie der OL & UL

- a/b Median- (bzw. paramedian-) sagittale B-mode-Schnittbilder der OL /UL**
Charakteristisch ist die oberflächliche Lage der Gefäße in den Mundlippen.
- c/d Transversale B-mode-Schnittbilder der OL/UL**
Typisch ist der geschwängelte Verlauf der Gefäße im Bereich der PM.

4.2.3 Elastographie

Die Elastographie eignet sich insbesondere zur Beurteilung der P. superficialis. Diese lässt sich mit der Elastographie gut darstellen (n= 7, davon zwei Frauen und vier Männer im Alter von 26-60 Jahren und ein 6-jähriges Kind), während sie sich im ungefärbten B-mode-Bild kaum von den übrigen Lippenweichteilen unterscheidet (s. Abb. 4.23).

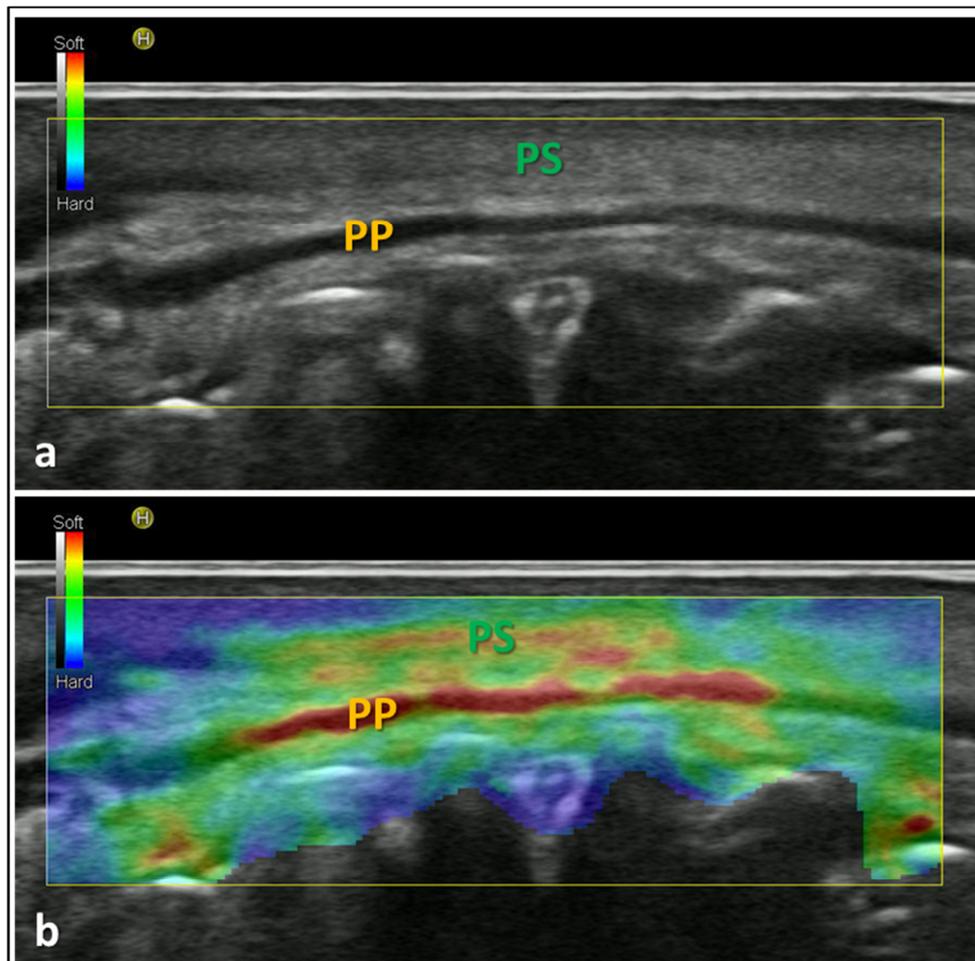


Abb. 4.23: Elastographie der OL

a Transversales Schnittbild der OL

Die **PP** zeigt sich als charakteristisches hypoechogenes schwarzes Band, der darüber liegende Bereich der **PS** erscheint echoreicher und somit homogen grau.

b Transversales Schnittbild der OL im Elastographie-Modus

Dieselbe Aufnahme zeigt den MOO im Elastographie-Modus rot bis orange farbkodiert. Hierbei fällt auf, dass nicht nur die **PP** dunkelrot belegt ist, sondern sich auch die darüber liegende **PS** gelb-orange bis rötlich darstellt.

Von zusätzlichem diagnostischen Wert ist die Elastographie zur Beurteilung der Intaktheit des MOO bei der Narbendiagnostik (traumatisch und postoperativ). Während Vernarbungen im herkömmlichen B-mode-Bild übersehen werden können (s. Abb. 4.24 a), werden Muskelfaserstränge und Bindegewebszüge im Narbengebiet mittels Elastographie demaskiert (s. Abb. 4.24 b).

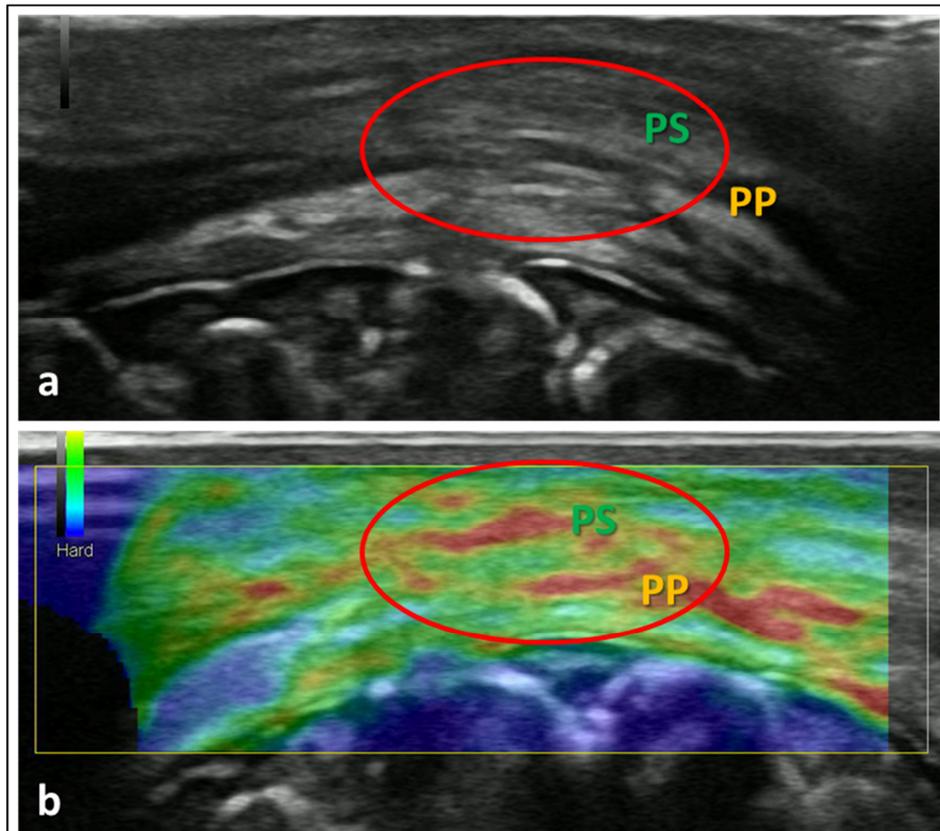


Abb. 4.24: Elastographie von Narbengewebe der OL

- a** **Transversales B-mode-Schnittbild der OL**
Narbe mittig im MOO **rot markiert**, die **PP** zeigt sich bei Z.n. Spaltverschluss verschmälert und teilweise unterbrochen (m., 35 J.). Auch in der **PS** zeigen sich Muskelfasern und Narbenstränge, welche sich anhand der ähnlichen Echogenität von **PP** und **PS** kaum voneinander unterscheiden lassen.
- b** **Transversales Schnittbild der OL im Elastographie-Modus**
Die zuvor nur schwach sichtbare Narbe im Bereich der **PS** wird gelb-orange bis rötlich hervorgehoben.

4.2.4 Cheilitis granulomatosa

Im B-mode-Ultraschall ließen sich Oberlippengranulome bei einer 41-jährigen Patientin mit CG (bei Melkerson-Rosenthal-Syndrom) identifizieren. Diese erschienen als hypoechogene Auftreibungen, welche je nach Lage die Kontinuität einzelner (s. Abb. 4.25 b) bis aller (s. Abb. 4.25 a) Schichten des MOO unterbrechen.

Die Granulome wiesen eine sehr ähnliche Echogenität wie das umliegende Gewebe auf. Daher ließen sie sich nur schwer vom normalen Lippengewebe abgrenzen: Im Bereich der Granulome war die „normale“ Lippenmorphologie d.h. die physiologische Gewebsarchitektur der Mundlippe (Bindegewebe, Drüsen, Gefäße etc.) nicht mehr vorhanden (s. Abb. 4.26 a).

In Anlehnung an Delorme [20] wurde versucht, die verschiedenen Echogenitäten zwischen Granulom und Mundlippenarchitektur durch verschieben des Schallkopfes zu identifizieren.

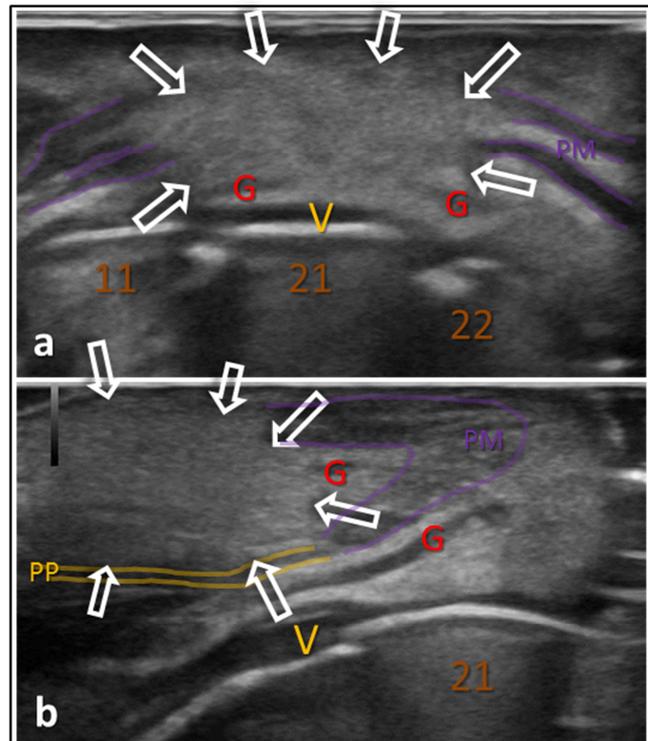


Abb. 4.25: Mundlippensonographie bei Cheilitis granulomatosa

- a B-mode-Transversalschnitt der OL**
Dort, wo normalerweise die gedoppelte **PM** mit zwei durchgängigen hypoechogenen Bändern erscheint (Vgl. Kap.5.2), ist die Lippenmuskulatur durch ein hypoechogenes Granulom (→) komplett unterbrochen.
- b B-mode-Sagittalschnitt der OL**
Die **PM** ist intakt und annähernd Hockeyschläger-förmig. Die **PP** ist kaum noch abzugrenzen.

V = Vestibulum oris

11, 21 und 22 = Zähne

G = Gefäßanschnitte der A./V. labialis

Hier zeigt sich ein weiteres mögliches Anwendungsfeld für die Elastographie, mittels derer es gelingt, hypoechogene Granulome darzustellen (s. Abb. 4.26 b).

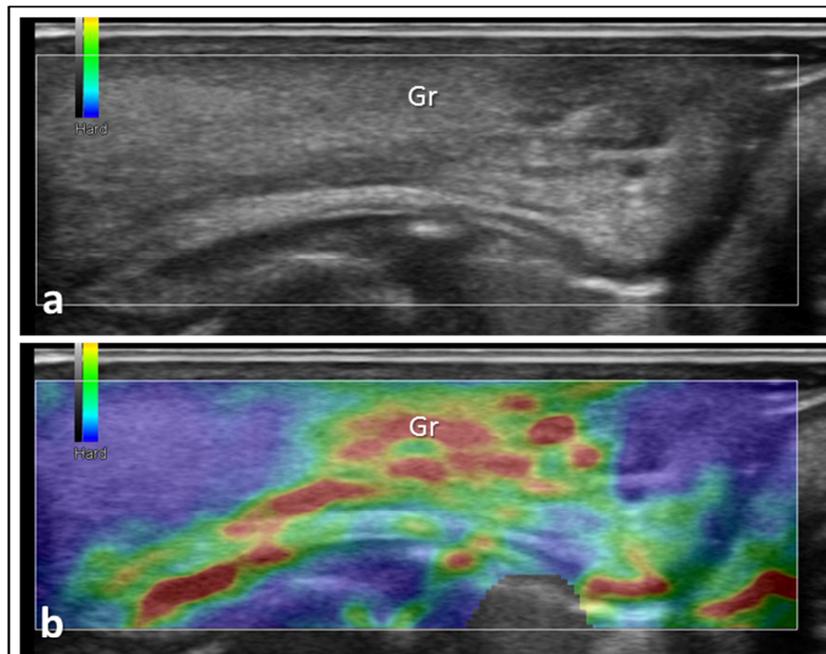


Abb. 4.26: Elastographie von Granulomen der OL

Zwei Median-sagittale Schnittbilder der OL:

a B-mode-Bild

Ein Granulom (Gr) im Bereich der PS lässt sich kaum erahnen.

b Elastographie-Bild auf gleicher Höhe

Im Bereich der PS zeigen sich an selbiger Stelle deutliche Signalanhebungen.

4.2.5 Panoramaaufnahmen

Darüber hinaus verfügen moderne Geräte mit Möglichkeit zur Aufnahme und Archivierung von Bilddaten oftmals auch über Bilderstellungsfunktionen, mittels derer aus vielen einzelnen Sequenzen im Nachhinein ein zusammengesetztes Gesamtbild (ähnlich einer „Panorama“-Aufnahme bei der Fotografie oder einer Orthopantomographie in der Zahnmedizin) vom Gerät errechnet werden kann. Derartige Verfahren finden seit etwa 15 Jahren Anwendung, insbesondere in der Abdomensonographie [23].

Die Panorama-Funktion trägt bei den Herstellern von Ultraschallgeräten unterschiedliche Namen, z.B. „SieScape[®]“ (Siemens), „Panoramic view[®]“ (Toshiba) oder „LOGIQview[®]“ (General Electric). Bei den im Rahmen dieser Studie verwendeten Hitachi-Geräten wird die Panoramabildfunktion „Wide view[®]“ genannt (s. Abb. 4.27).

Mittels einer Panoramaaufnahme kann in einer einzigen Abbildung die komplette Mundlippe in toto inklusive beider Mundwinkel erfasst werden. Der Schallkopf wird hierzu möglichst ruckelfrei in einem Durchgang von rechts nach links entlang der Kontur der unteren Gesichtspartie geführt; simultan mit der Bewegung des Schallkopfes wird im Ultraschallgerät ein Panoramabild durch Fusion der erfassten Einzelbilder errechnet. Dabei kommt es jedoch durch minimales Schwenken des Schallkopfes immer wieder zum „Verwackeln“ der Aufnahme, sodass Verschiebeartefakte (s. Abb. 4.27) und somit Abschnitte mit unzureichender Detailschärfe entstehen

Abb. 4.27 zeigt ein Panoramabild, aus Gründen der Verfügbarkeit aufgenommen mit einem Hitachi „Preirus[®]“-Sonographiegerät. Die Softwarekonfiguration war identisch mit der des Studiengerätes (Hitachi „Avius[®]“), jedoch wurde ein anderer Schallkopf (Modellname: „EUP-L74M“, Frequenzbreite: 13,0 – 3,0 MHz, Schallkopfbreite: 50 mm) benutzt.

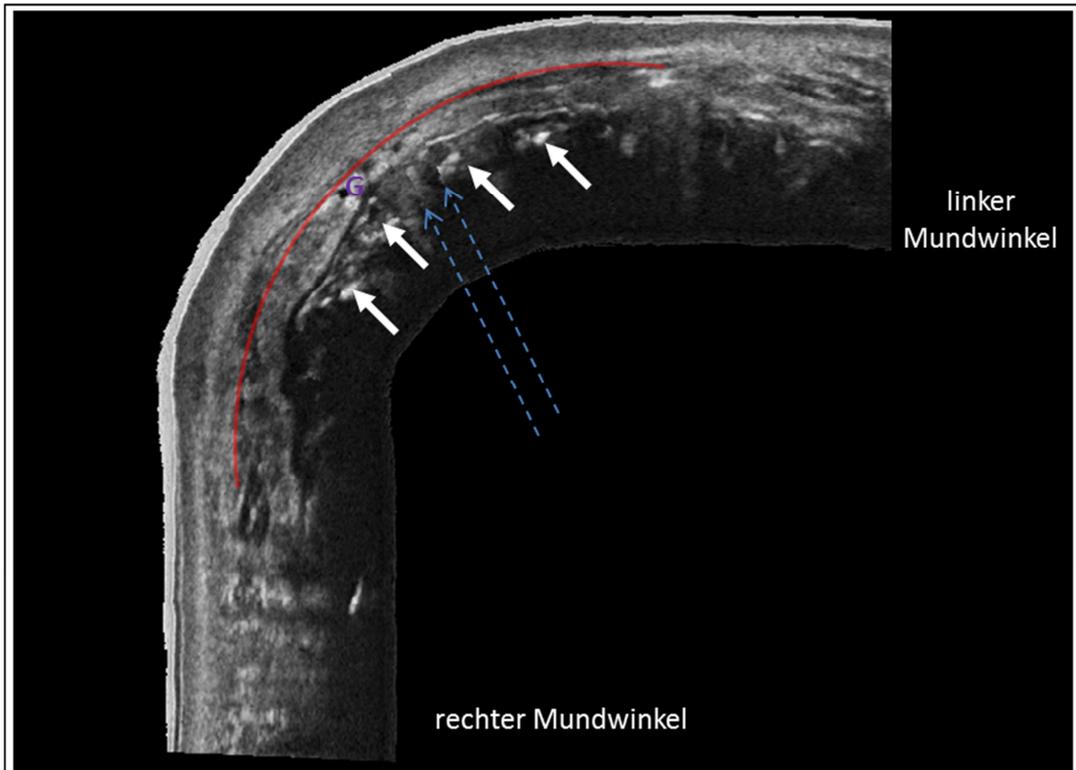


Abb. 4.27: Panoramaaufnahme – „WideView®“

Abgebildet ist die Oberlippe in toto vom rechten bis zum linken Mundwinkel.

G Gefäßanschnitt

— Hervorgehobener Verlauf des MOO (P. peripheralis)

⇨ Zahnhälse

↗ Verschiebeartefakte

4.2.6 Zusammenfassung der klinischen Untersuchungsergebnisse

Bei der Untersuchung des MOO mittels Ultraschall bildet die B-mode-Sonographie die Grundlage für eine gezielte Diagnostik, insbesondere im Hinblick auf Messungen der Muskelstärke in vivo. Zusätzlich bietet sich die Möglichkeit, je nach Fragestellung (z.B. Muskelruptur oder Gefäßversorgung), spezielle Untersuchungsmethoden anzuwenden. Mittels Elastographie können Narben und spezielle Krankheitsbilder, wie z.B. die Cheilitis granulomatosa, untersucht werden.

5 Diskussion

5.1 Studienteilnehmer

Vergleich der Teilnehmerzahlen verschiedenerer Ultraschallstudien

Die vorliegende Arbeit weist bei 28 ausgewerteten Studien [7,9,14,28,27,39–41,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,91,92,95,94,98,103] (von 1988 bis 2018) mit n=78 im Vergleich eine relativ hohe Teilnehmerzahl auf (vgl. Abb. 5.1, Abb. 5.2).

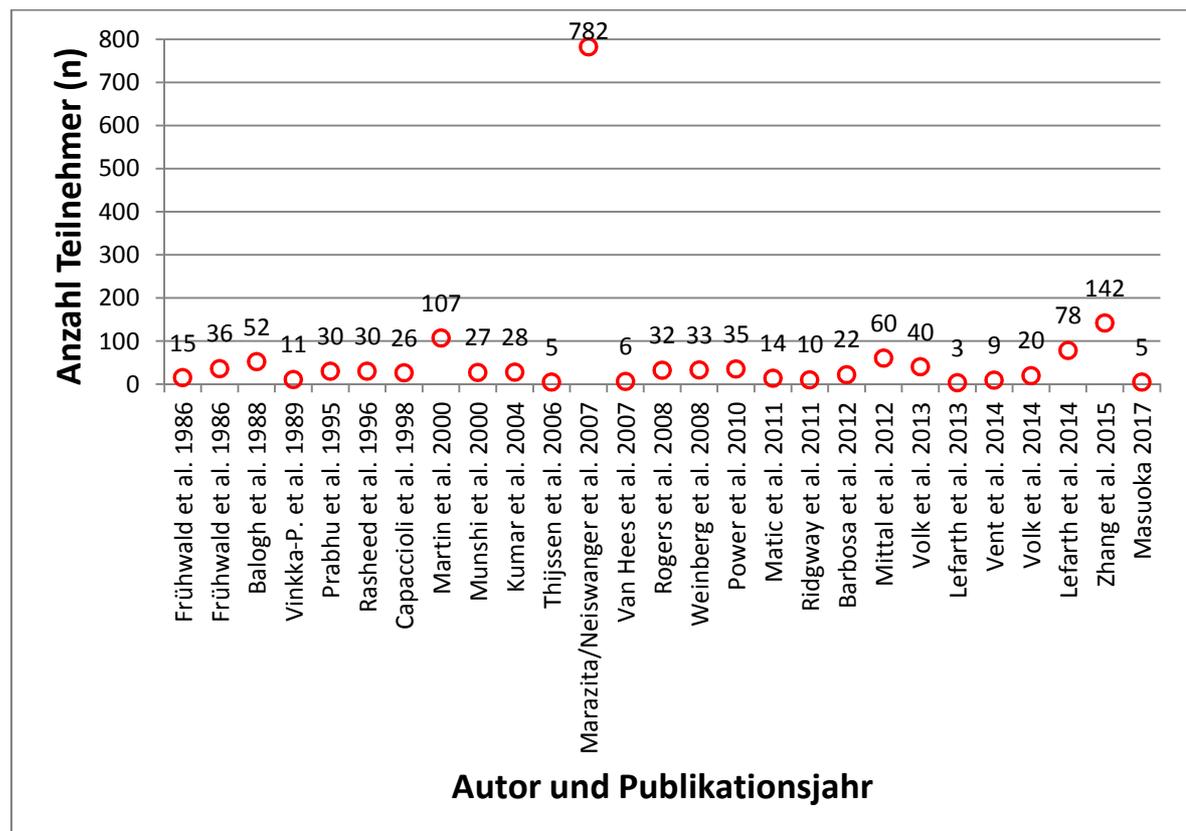


Abb. 5.1: Gesamt-Kollektivgrößen (Patienten und gesunde Probanden zusammen) der Ultraschallstudien an den Mundlippen nach Autoren und Publikationsjahr

Die bislang mit Abstand größte Ultraschallstudie stellt die *POFC* [48,60,80,97,96] dar, deren große Probandenzahl sich aufgrund des Studiendesigns (nord- und mittelamerikanische Multicenter-Studie; einzige Multicenterstudie) erklärt. Alle anderen Studien waren Einzelcenterstudien, die vorgestellte Arbeit ist hierunter die Studie mit der drittgrößten Teilnehmerzahl.

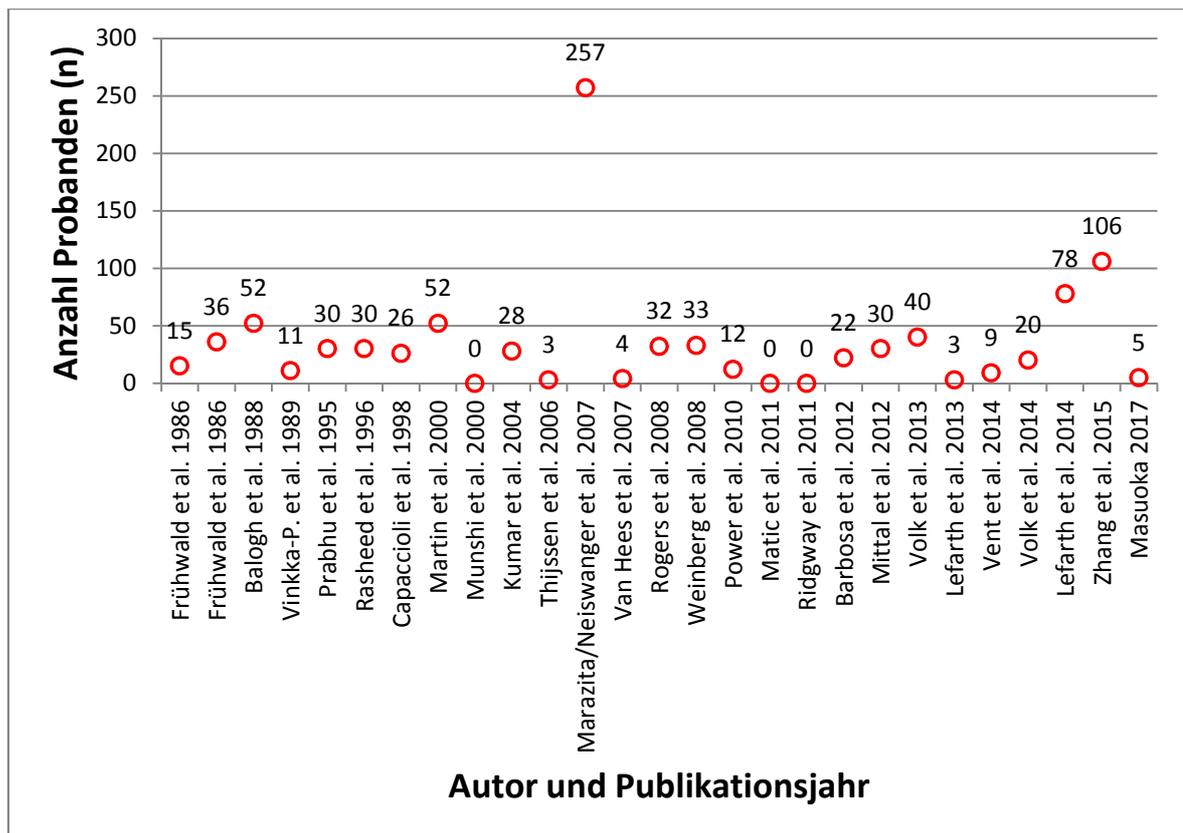


Abb. 5.2: Kollektivgrößen (gesunde Probanden) der Ultraschallstudien an den Mundlippen nach Autoren und Publikationsjahr

Die meisten Studien untersuchten Kinder (mit und ohne Malokklusionsstörungen) [9,14,39,73,77,79], Lippenspaltenpatienten (inkl. Kinder) [50,53,58,72,79,87,89, 103] und/oder Verwandte von Lippenspaltenträgern [48,57,60], Patienten mit Lippennarben und/oder Lippentumoren [7,28,27]. Volk et. al. [95] untersuchten Patienten mit einseitiger Fazialisparese. In keiner der ausgewerteten Studien (abgesehen von Lefarth et. al. 2013 [41]) wurden Musiker untersucht, welche bis dato nur Bestandteil von Einzelfallbeschreibungen [43] waren. Daher wurden Blechbläser in die vorliegende Studie gesondert aufgenommen (vgl. Kap. 4.1). Abbildung 5.2 zeigt die Anzahl gesunder Probanden bei den o.g. Studien.

Zusammensetzung des Studienkollektivs

Das Kollektiv der vorliegenden Studie umfasste mehr Männer als Frauen. Dies ist dadurch zu erklären, dass neben „Nicht-Musikern“ auch eine große Zahl professioneller Blechblasmusiker (n=37) untersucht wurde, welche überwiegend männlich waren (73%). Das ließ sich nicht vermeiden, denn es spiegelte die allgemeine Geschlechts-Zusammensetzung in Orchestern wider: Hier liegt der Frauenanteil der Blechbläser lediglich bei 19,3 % [67].

Die zweigipfelige Altersverteilung und die fehlende Normalverteilung des Probandenkollektivs sind zu begründen mit Verfügbarkeit und Motivation der Studienteilnehmer: Für die Blechbläser-Gruppe konnten vornehmlich Profi-Musiker mittleren Alters rekrutiert werden (n=30), während bei der Nicht-Blechbläser-Gruppe der Anteil von Studenten erhöht war (n=37).

Das Probandenkollektiv war daher aufgrund der Verfügbarkeit und Motivation zur Studienteilnahme bezüglich der Alters- und Geschlechtsverteilung der verglichenen Gruppen nicht optimal gematcht. Auch in der Vergleichsliteratur gab es jedoch in der Regel kein Matching der Probanden bezüglich der Altersverteilung. Vielmehr wurden spezielle Patienten oder Altersgruppen untersucht: Kinder bildeten hierunter die größte Gruppe [9,14,39,58,73,77,79], gefolgt von jungen Erwachsenen [53,87,103]. Lediglich Volk et al. [94] führten ihre Messungen an einem Kollektiv (n=40) mit gleicher Geschlechtsverteilung und einem mittleren Alter von 46 Jahren durch.

5.2 Methoden und Ergebnisse

Entwicklung der Schallkopffrequenzen bei der Mundlippensonographie im Zeitverlauf

Im Rahmen der stetigen Weiterentwicklung der Ultraschalltechnik erhöhten sich insbesondere die Schallkopffrequenzen, wodurch Qualität und Aussagekraft der Lippenuntersuchungen mittels Ultraschall stetig gesteigert werden konnte. Das spiegelt sich auch bei der diesbezüglichen Auswertung der Literaturquellen zum Thema wider (s. Abb. 5.3). Im Vergleich mit der analysierten Literatur [7,9,14,28,27,39–41,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,91,92,95,94,98,103] wird in der vorgestellten Studie der Schallkopf mit der höchsten Schallkopffrequenz und Frequenzbreite verwendet.

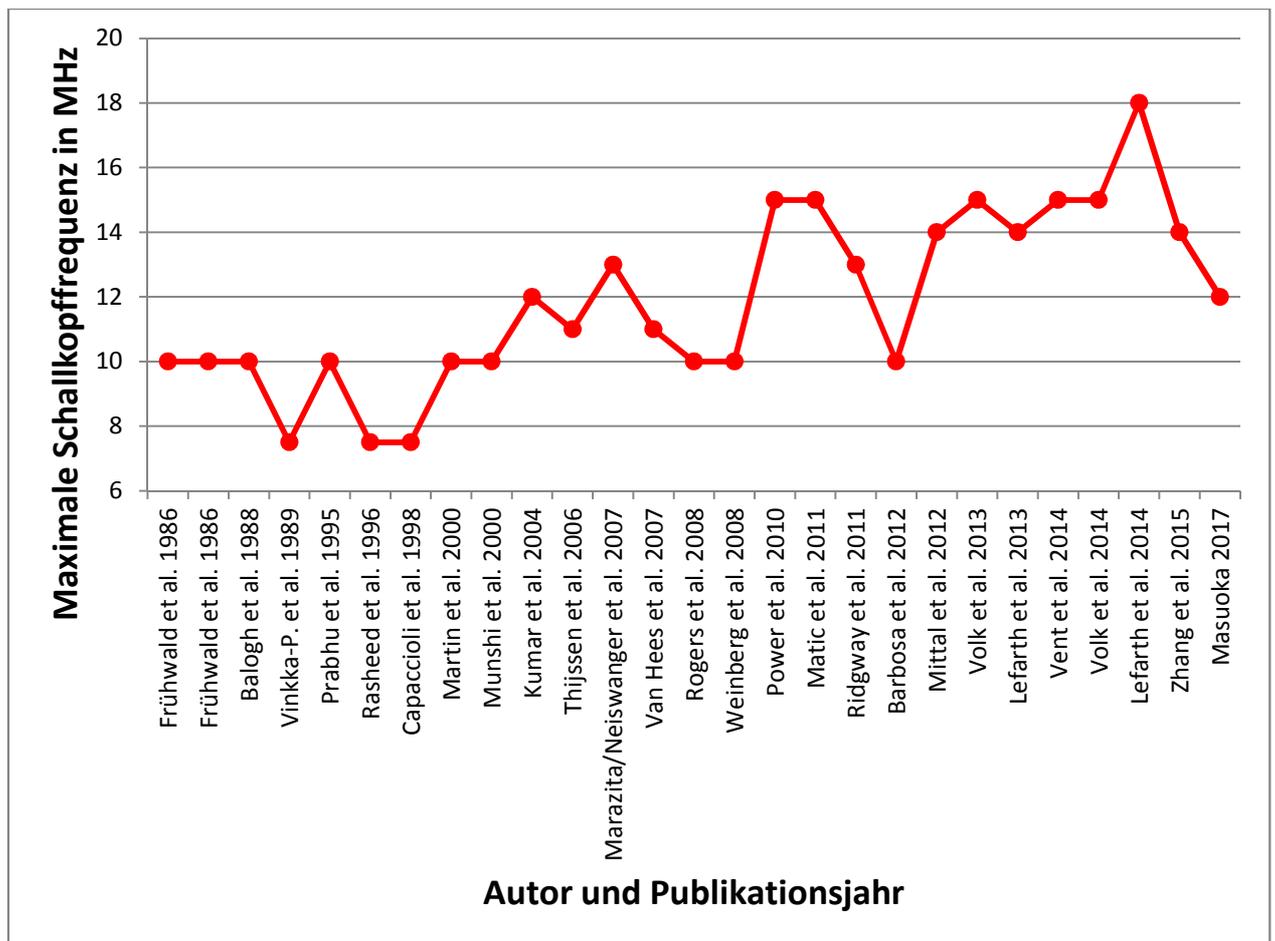


Abb. 5.3: Entwicklung der angegebenen Schallkopffrequenz nach Autoren und Publikationsjahr

Literaturvergleich der Untersuchten Regionen und Ebenen

In der Literatur finden sich zumeist Arbeiten, bei denen die Mundlippen transversal untersucht wurden (s. Abb. 5.4, Tabelle 5.1) Die meisten Arbeiten beschäftigen sich mit der Untersuchung der OL bei Lippenspalten, nur wenige Arbeitsgruppen haben zusätzlich auch die UL untersucht (s. Abb. 5.4, Tabelle 5.1). Lediglich Vinkka-Puhakka et al. [92] und Lefarth/Angerstein/Vent [40,40,91] untersuchten die OL und UL jeweils sagittal und transversal.

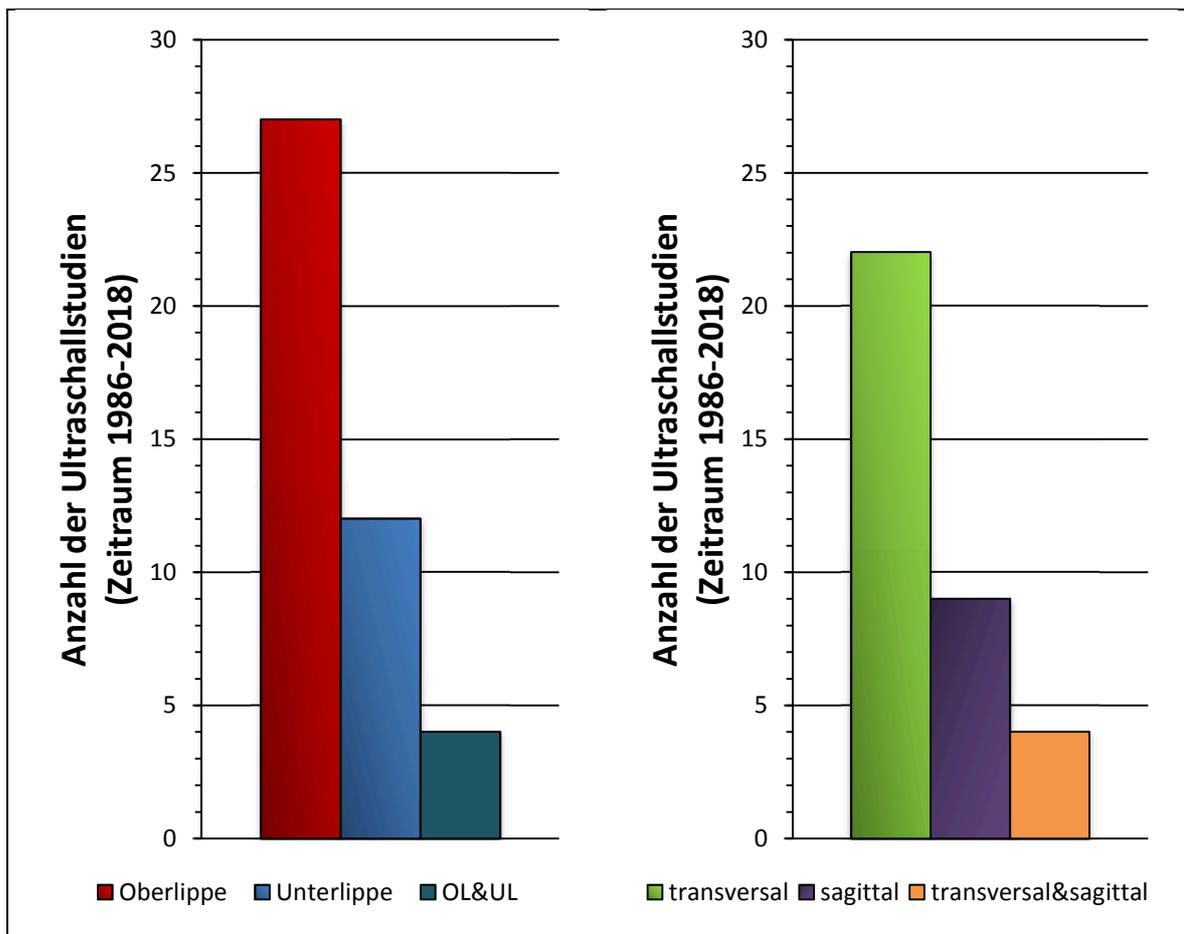


Abb. 5.4: Ultraschallstudien der Lippen nach untersuchten Regionen und Ebenen

Autor	Jahr	n - CL	n	m	w	CL	OL	UL	sg	tv	Schallkopf MHz
Frühwald et al.	1986	0	15	ka	ka	0	1	1	1	0	10 (S)
Frühwald et al.	1986	0	36	ka	ka	36 ¹	1	1	1	0	10 (S)
Balogh et al.	1988	0	52	ka	ka	37 ¹	1	1	1	1	10 (S)
Vinkka-P. et al.	1989	11	11	0	11	0	1	1	1	1	7,5 (S)
Prabhu et al.	1995	30	30	14	16	0	1	1	0	1	10 (S)
Rasheed et al.	1996	30	30	17	13	0	1	1	0	1	7,5 (S)
Capaccioli et al.	1998	26	26	10	16	0	1	1	0	1	7,5 (L=Linear)
Martin et al.	2000	52	107	ka	ka	55	1	0	0	1	10 (L)
Munshi et al.	2000	0	27	17	10	27	1	0	0	1	5-10 (L)

Kumar et al.	2004	28	28	ka	ka	0	1	1	0	1	12 (L)
Thijssen et al.	2006	3	5	ka	ka	2	1	0	0	1	7-11 (L)
Marazita et al.*	2007	257*	782*	328*	454*	525	1	0	0	1	ka
Neiswanger et al.	2007	257	782	328	454	525	1	0	0	1	initial 13, dann 5-10 (L)
van Hees et al.	2007	4	6	3	3	2	1	0	0	1	7-11 (L)
Rogers et al.	2008	32	32	11	21	0	1	0	0	1	5-10 (L)
Weinberg et al.	2008	33	33	12	21	0	1	0	0	1	5-10 (L)
Power et al.	2010	12	35	28	7	23	1	0	0	1	7-15 und 5-12 (L)
Matic et al.	2011	0	14	ka	ka	14	1	0	0	1	7-15 und 5-12 (L)
Ridgway et al.	2011	0	10	ka	ka	10	1	0	0	1	7-13 (L)
Barbosa et al.	2012	22	22	13	9	0	1	1	0	1	10 (L)
Mittal et al.	2012	30	60	36	24	30	1	0	0	1	14 (L)
Volk et al.	2013	40	40	20	20	0	1	0	1	0	7-15 (L)
Lefarth et al.	2013	1	3	2	1	2 ¹	1	1	1	1	6-14 (L)
Vent et al.	2014	0	9	0	9	9 ¹	1	1	1	1	6-14 (L)
Volk et al.	2014	0	20	4	16	20 ¹	1	0	1	0	7-15 (L)
Lefarth et al.	2014	78	78	50	28	0	1	1	1	1	5-18 (L)
Zhang et al.	2015	106	142	77	65	36	1	0	0	1	10-14 (L)
Masuoka	2017	5	5	ka	ka	0	1	0	0	1	12 (L)
gesamt		934	1658	642	744	724	27	12	9	22	

Tabelle 5.1: Übersicht der Ultraschallstudien zum MOO von 1986-2018
Legende: Autor, Jahr, n –CL = Anzahl Studienteilnehmer ohne Lippenspalten (Cleft Lip), n= Gesamtzahl Studienteilnehmer, m= Männer, w = Frauen, CL = (Cleft Lip-) Lippenspalten-Patienten bzw. ¹Patienten mit sonstigen Erkrankungen (z.B. Narben, Tumore, Fazialispareisen); OL = Oberlippe, UL = Unterlippe, sg = sagittal, tv = transversal; für OL/UL/sg/tv gilt: 1 = untersucht, 0 = nicht untersucht, ka = keine Angabe; (S)=Sektorschallkopf, (L)=Linearschallkopf, *wegen identischem Kollektiv bei der Gesamtzahl nur einmal berücksichtigt

Die Unterlippenmuskulatur wurde nur von wenigen Autoren gemessen [39,40,73,77,92].

In keiner der ausgewerteten Studien wurde die transversale Dickenmessung im Ultraschallbild auch sagittal verifiziert.

Bei der Erarbeitung des Konzeptes für die Art und Reihenfolge der einzelnen Schnittbilder (d.h. 3 verschiedene Sagittalschnitte von jeder Lippe, sowie jeweils ein Transversalschnitt) wurde ein Vorschlag von Weinberg et al. [97] aufgegriffen, die im Diskurs mit der Gruppe um van Hees et al. [88] anregten, man solle bei der Auswertung mehrere Bilder aus einer Sequenz nehmen, was multiple Messungen ermögliche.

Studiendesign

Beim Vergleich des Studiendesigns der ausgewerteten Literatur fanden sich zum überwiegenden Teil Querschnittsstudien (n=15) [14,48,50,57,58,60,72,77,80,87,89,92,98]. Auch die vorliegende Arbeit wurde als Querschnittsstudie durchgeführt. Einzelne Längsschnittstudien beschäftigten sich mit dem Trainingseffekt der Lippenmuskulatur bei Malokklusionsstörungen [39], sowie mit Kontrollen nach Spaltenverschluss-Operationen [53,79].

Zeitaufwand für Untersuchungen und Messungen

Der Zeitaufwand für die Ultraschalluntersuchungen der 78 Probanden betrug, bei einer mittleren Untersuchungsdauer von 20 Minuten, zusammen genommen 1560 Minuten (oder 26 Stunden). In der Vergleichsliteratur gibt es keine Angaben zur Dauer der jeweiligen Untersuchungen, lediglich die Gruppe um Weinberg und Rogers et al. gab an, Ultraschallvideosequenzen von etwa 1-2 Minuten Länge archiviert zu haben [80,98] (während der vorliegenden Studie wurden etwa 430 Minuten bzw. 7 Stunden Videosequenzen archiviert).

Die Messungen der vorliegenden Studie wurden aufgrund der recht schwierigen Untersuchungsbedingungen (Weichteilgewebe, wechselnde Lippenpositionen wie Anspannung und Entspannung) im Nachhinein durchgeführt, da es während der Untersuchung für die Probanden zu belastend gewesen wäre, die genaue Position der Lippen über einen längeren Zeitraum beizubehalten. Das gilt insbesondere für Kinder unter 4 Jahren, bei denen die Untersuchung schnell durchgeführt werden musste und somit nicht alle Messstrecken während der Untersuchung erfasst werden konnten. Rasheed et al. und Prabhu et al. [73,77] haben ebenfalls Messungen bei Kindern durchgeführt, die Kinder waren aber wesentlich älter (8 bzw. 9 – 12 Jahre).

Die Messungen der Ultraschallstudie wurden vom Autor selbst durchgeführt, um eine „Interrater-Bias“ auszuschließen. Dies wurde zuvor auch von zahlreichen anderen Autoren so praktiziert [9,14,50,57,72,79,80,103].

Die Messung von Hand ist sehr zeit- und arbeitsintensiv, und es resultieren Datensätze mit vielen Messdateien. Messungen während der laufenden Untersuchung wären zwar theoretisch möglich gewesen. Da die sehr umfangreichen Messungen aber sehr lange gedauert hätten, wurde im Nachhinein ohne Zeitdruck gemessen. Die Erstellung der Datensätze dauerte für einen Probanden ungefähr 30 Minuten. Somit ist für die vorliegende Mundlippensonographiestudie mit 78 Probanden allein für die Durchführung der Messungen mit Adobe Photoshop® und für die Erstellung der Datensätze von einem Zeitaufwand von 2340 Minuten (oder 39 Stunden) auszugehen. Bei großen Kohorten und umfangreichen Messungen, sollten die Messungen daher zweizeitig (d.h. getrennt von den Untersuchungen) erfolgen, so wie dies auch von der überwiegenden Anzahl anderer Autoren durchgeführt wurde [50,53,57,60,72,80,87,89,92,95,94,98].

Bei kleinen Probandenzahlen ist eine sofortige Messung während der Untersuchung ggf. praktikabler.

Vergleich der ultraschallgestützten Messmethoden in der Literatur

Die meisten Gruppen haben sonographische Messungen der Lippe grob eingeteilt in „rechts, Mitte, links“, (z.B. Vinkka-Puhakka et al. [92], Prabhu et al. [73], Rasheed et al. [77], Kumar et al. [39], Thijssen et al. [87] und van Hees et al. [89]) oder aber korrespondierende äußere Landmarken angeführt (z.B. Zhang et al. [103]). Es wurden Mittelwertangaben gemacht, welche nur auf einer Messstrecke (d.h. nur auf einer Ebene) basierten und sich zudem meist auf die OL und transversale Messungen beschränkten (vgl. Tabelle 5.1). Einzig van Hees et al. [89] sowie Zhang et al. [103] unterschieden zwischen oberflächlichen und tiefen Anteilen des MOO. Messungen der UL wurden von Vinkka-Puhakka et al. [92], Prabhu et al. [73], Rasheed et al. [77] und Kumar et al. [39] durchgeführt, jedoch sind die Messwerte aufgrund der unterschiedlichen Ethnien und Zusammensetzung der Probandenkollektive (Neuseeländerinnen mit chinesischer Abstammung [92] und indische Kinder unter 13 Jahren [73,77]) nicht vergleichbar. In der vorliegenden Arbeit wurden die den Mittelwerten zugrunde liegenden Messstrecken dezidiert nach Messort und OL bzw. UL aufgelistet (vgl. Kap. 3.3).

Während der *POFC* wurde die Lippe transversal gescannt und auf Diskontinuitäten untersucht ohne Messungen vorzunehmen [48,60,80,97,96].

Bei der Datenverarbeitung gab es zwei Vorgehensweisen: Auswertungen während der Ultraschalluntersuchung und Auswertungen im Anschluss an die Ultraschalluntersuchungen. Bei der letztgenannten Vorgehensweise, welche auch im Rahmen der vorliegenden Studie Anwendung fand, können die B-mode-Daten mittels verschiedener Softwareprodukte ausgewertet werden. So speicherten z.B. Volk et al. [93,95] die Bilder im DICOM Format und führten die Auswertung mittels QLAB (Philips) durch. Van Hees/Thijssen [89] bestimmten die verschiedenen Echolevel im B-mode-Bild mittels dafür speziell konfigurierter Software (n=3, Alter 25-35 J.), es erfolgte die Bestimmung der Echo-Schichtgrenzen, die Reevaluierung mittels histologischer Schnittpräparate (n=1, 72 J.) und die nachfolgende Messung aller vordefinierter Schichten, d.h. Subkutis, oberflächliche und tiefe Anteile des MOO, sowie Submukosa (n=3).

Die Sekundärauswertung der Ultraschalldaten bietet somit eine große Diversität an Möglichkeiten, zudem wird die Untersuchungsdauer kurz gehalten.

Ausweichmessungen

Ausweichmessungen (wie in Kap. 3.3.4 beschrieben) wurden in der ausgewerteten Literatur [9,14,39–41,48,50,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,91, 92,95,94,98,103] nicht erwähnt.

Auswahl der statistischen Testverfahren

Ebenso wie in der vorliegenden Arbeit verwendeten auch andere Gruppen non-parametrische Testverfahren wie den Mann-Whitney-U- und den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test [94]. Auch parametrische Verfahren, wie gepaarte und ungepaarte t-Tests [72,73,77,103] oder Pearson-Korrelationen [79], wurden von einigen Gruppen durchgeführt. Jedoch wurde im Vorfeld auf eine Prüfung auf Normalverteilung der Messwerte (mittels KS-Tests oder SW-Test) verzichtet, was methodisch fragwürdig erscheint ("When the normality assumption is violated, interpretation and inferences may not be reliable or valid." [78]). Wie in Kap. 5.1 beschrieben, hatten die meisten Studien unter 50 Probanden, sodass allein aufgrund der geringen Stichprobengröße gemutmaßt werden kann, dass im Regelfall keine Normalverteilung erreicht wird. Ähnliches zeigte sich in der vorgelegten Auswertung (s. Kap. 4.1.2: bei Anwendung von KS- und SW-Test ließ sich keine Normalverteilung annehmen, was am ehesten an der kleinen Stichprobengröße und der Tatsache lag, dass beide Tests sensibel auf Ausreißer reagieren [78]).

Manche Forschergruppen legten sich überhaupt nicht fest und verwendeten ohne

Begründung sowohl parametrische als auch nicht parametrische Verfahren [72].

Vergleich der Dickenmessungen des MOO anhand der Ultraschallliteratur

Beim Vergleich der Dickenmessungen der OL mit der Ultraschallliteratur (s. Tabelle 5.2) zeigt sich eine erhebliche Schwankung der Messwerte von 1,2 mm (Vinkka-Puhakka et al. 1989) bis 5,6 mm (Rasheed et al.1996).

Kriterien für den Vergleich waren:

- gesunde Probanden (bei einseitigen Lippenspalten Messwerte der Gegenseite)
- entspannte Lippen
- Vergleichbarkeit der Messstrecken: Diese müssen topographisch ähnlich lokalisiert sein, deshalb wurden Messungen möglichst in der Mitte der Lippen ausgewählt. Jedoch weisen schon die Beschreibungen der Autoren erhebliche Unsicherheiten auf, und die Großzahl der Messwerte ist paramedian im Philtrumbereich zu verorten.

Autor & Jahr	Dickenwerte Oberlippe entspannt	n
Vinkka-P. et al. 1989	1,2 mm ($\pm 0,49$ mm)	11
Prabhu et al. 1995	4,4 mm ($\pm 1,2$ mm)	30
Rasheed et al. 1996	5,6 mm ($\pm 0,5$ mm)	30
Kumar et al. 2004	2,49 mm ($\pm 0,4$ mm)	14
Thijssen et al. 2006	2,3 mm ($\pm 0,7$ mm)	3
van Hees et al. 2007	2,3 mm ($\pm 0,7$ mm)	6
Power et al. 2010	2,6 mm ($\pm 0,7$ mm)	35
Matic et al. 2011	3,3 mm ($\pm 0,9$ mm)	14
Ridgway et al. 2011	1,2-1,6 mm (keine \pm Angaben)	10
Barbosa et al. 2012	3,7 mm ($\pm 0,6$ mm)	22
Volk et al. 2013	3,5 mm ($\pm 0,8 - 0,9$ mm) Männer; 3,4-3,6 mm ($\pm 0,7$ mm) Frauen	40
Volk et al. 2014	2,8 mm ($\pm 0,69$ mm)	20
Zhang et al. 2015	1,6 mm ($\pm 0,2$ mm) Männer; 1,4 mm ($\pm 0,3$ mm) Frauen	106
gesamt		341

Tabelle 5.2: Vergleich der Dickenmessungen der OL nach Literaturangaben

Es zeigen sich summarisch betrachtet 3 Gruppen:

1. Dickenwerte von 1,2-1,6 mm (1,2 mm bei Vinkka-Puhakka et al. [92] an erwachsenen Frauen, ~1,4 mm bei Ridgway et al. [79] an Säuglingen und 1,4-1,6 mm bei Zang et al. [103] an jungen Erwachsenen).
2. Dickenwerte von 2,3-2,8 mm (2,49 mm bei Kumar et al. [39] an Kindern, 2,3 mm bei Thijssen/van Hees et al. [87,89] an jungen Erwachsenen, 2,6 mm bei Power et al. [72] an Erwachsenen, 2,8 mm bei Volk et al. 2014 [95] an Erwachsenen).
3. Dickenwerte von 3,3-5,6 mm (4,4 mm bei Prabhu et al. 1995 an Kindern [73], 5,6 mm bei Rasheed et al. 1996 an Kindern [77], 3,3 mm bei Matic et al. 2011 [53] an Kindern und Jugendlichen, 3,7 mm bei Barbosa et al. 2012 [9] an Kindern, ~3,5 mm bei Volk et al. 2013 [94] an Erwachsenen).

Mehrere Einflussfaktoren können diese enormen Schwankungen der Messwerte erklären: Zunächst einmal hatte der Großteil der Kollektive weniger als 30 Probanden (Thijssen et al. präsentierten z.B. $n = 3$), zum anderen könnten die untersuchten Probandengruppen nicht unterschiedlicher sein: Es wurden Säuglinge, Kleinkinder, Schulkinder, junge und alte Erwachsene untersucht. Zu guter Letzt war die Vergleichbarkeit der Messregionen (d.h. die genaue Angabe der Muskelregion und der dort erfassten Anteile des MOO; vgl. Kap. 3.3) nicht gegeben, weil die Dickenwerte an der medialen OL vermutlich an verschiedenen Stellen innerhalb des MOO gemessen wurden.

Für den Vergleich mit Messdaten der vorgestellten Studie ließen sich dennoch einige Literaturdaten von Untersuchungen an Erwachsenen in vorsichtiger Annäherung nutzen: Hierbei können lediglich bei Vinkka-Puhakka et al. aufgrund der sagittalen und transversalen Messschemata [92] Messungen der PM von Messungen der PP der OL unterschieden und zugeordnet werden. Die dort publizierten transversal gemessenen Werte ($1,2 \text{ mm} \pm 0,49 \text{ mm}$) stimmen mit den Werten der hiesigen Studie für Frauen überein (PP transversal = $0,94 \text{ mm} \pm 0,27 \text{ mm}$; vgl. Kap. 4.1.2). Die sagittalen Werte ($2,2 \text{ mm} \pm 0,87 \text{ mm}$) weichen deutlich von den Werten der hiesigen Studie für Frauen (PP sagittal = $1,14 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$) ab. Dies lässt sich durch die von Vinkka-Puhakka et al. beschriebene Auswahl der Messstrecke im Bereich des Übergangs von PP zu PM erklären, denn auch die hiesige Studie hat im Bereich der PM signifikant größere Werte ($3,21 \text{ mm} \pm 0,63 \text{ mm}$) erhoben.

Auch bei den Werten der größten Messstudie von Zhang et al. ($n=106$) zeigen sich im Vergleich der Gesamtkollektive ähnliche transversal erhobene Werte im Bereich der OL (Zhang et al.: $1,49 \pm 0,25$ vs. $1,11 \text{ mm} \pm 0,39 \text{ mm}$ bei der hiesigen

Studie; vgl. Kap. 4.1.2) -somit konnten die Messungen der PP aus der vorliegenden Hauptstudie hinreichend bestätigt werden.

Die restlichen Studien beschreiben mehr als doppelt bis dreimal so große Dickenwerte. Ähnliche Unregelmäßigkeiten bzw. beträchtliche Differenzen (ca. doppelt so hohe bzw. nur halb so große Dickenwerte an vergleichbaren Muskelregionen) stellten auch schon Thijssen et al. [87] im Vergleich mit Prabhu et al. [73] fest, hierbei ist sicherlich auch das Probandenalter ein Einflussfaktor. Diesbezügliche Untersuchungen konnten im Kollektiv der vorliegenden Studie nicht vorgenommen werden, da das Alter innerhalb eines großen Teils des Kollektivs (Nicht-Blechbläser) keiner Normalverteilung folgte (in der Literatur [7,9,14,28,27,39–41,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,91,95,94,98,103] wurden die Probandenkollektive nicht auf das Vorliegen einer Altersnormalverteilung untersucht). In der ausgewerteten Literatur zur Lippensonographie [7,9,14,28,27,39–41,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,91,95,94,98,103] wurden bislang noch keine Untersuchungen zum Einfluss des Alters auf die Dicke des MOO publiziert. Volk et al. schlossen aus ihren Ergebnissen, dass der MOO denselben Alters- und Geschlechtseffekten wie die großen Muskeln des Bewegungsapparates folgt und gaben an, dass große Kohortenstudien zur Untersuchung des Alterseinflusses erforderlich seien [94].

Entscheidend für die retrospektive Aufklärung der teils beträchtlichen Differenzen der Messwerte verschiedener Autoren wäre eine eindeutig nachvollziehbare Lagebeschreibung der Messstrecken, welche in den zitierten Arbeiten leider nicht hinreichend durchgeführt wurde.

So lassen sich die doppelt so hohen Dickenwerte einiger Autoren [73,77] gut vereinbaren mit einer Messung der PM anstatt der PP. Dies legen die Daten der hiesigen Studie nahe (im Bereich der PM Werte um 4 mm bei einer Standardabweichung von über 1 mm; vgl. Kap. 4.1.2). Bei Matic et al. [53] scheinen die Punkte „C“ und „D“ (3,3 mm) vergleichbar zu sein mit „M4“ bzw. „M6“ der hiesigen Studie (3,9 bzw. 3,7 mm), d.h. es handelt sich somit mutmaßlich um Messwerte der PM. Nebenbefundlich fällt interessanterweise die Dicke bei Matic et al. [53] für das Kommando „smile“ dünner aus als in Ruhe (2,7 vs. 3,3 mm), dafür bei „pucker“ („Kussmund“) dicker (5,3 mm). Ein Kommando zur Mimik muss also nicht zwingend eine Verdickung des untersuchten Teils des MOO erzeugen. Somit sind Dickenwerte angespannter Muskulatur möglicherweise noch viel stärkeren nicht kalkulierbaren Schwankungen unterworfen, weshalb bei der Untersuchung auf eine entspannte Gesichtsmuskulatur der Probanden geachtet werden sollte.

Am Beispiel der Messwerte von van Hees/Thijssen ($\bar{x} = 2,3$ mm bei $n = 3$) [87,89] zeigt sich im Vergleich zu den Messungen der vorliegenden Studie an vergleichbarer Stelle („OL tv med“ d.h. „M8“: Mittelwert 1,08 mm,

Standardabweichung 0,43 mm, Median 1,04 mm, minimaler Wert 0,27 und maximaler Wert von 2,54 mm; vgl. Tabelle 4.8 Kap. 4.1.2), dass der Mittelwert der 3 Probanden ($\bar{x} = 2,3$ mm) noch unterhalb des maximalen Wertes von M8 (2,54 mm) und somit innerhalb der Spannweite liegt, was durch kleine Probandenzahlen begründet sein könnte.

Es lässt sich für die zuvor genannten Studien folglich nicht klar feststellen, ob die PM gemessen wurde, oder ob die erhobenen Messwerte der PP nur zufällig „hoch“ und noch knapp innerhalb der Spannweite der Dickenwerte der PP der hiesigen Studie liegen. Weiterhin lassen sich die noch größeren Werte (3,3-5,6 mm) der o.g. 3. Gruppe am ehesten als Messungen der PM einordnen (vgl. Kap. 4.1.4: PM (sagittal) = 3,9 mm, Standardabweichung 1,17 mm, Median 3,84 mm).

Messungen der UL wurden von Vinkka-Puhakka et al. [92], Prabhu et al. [73], Rasheed et al. [77] und Kumar et al. [39] durchgeführt. Es lassen sich jedoch lediglich bei Vinkka-Puhakka et al. [92] Messungen der PM der UL (bei n=11 Frauen) mit Messwerten der hiesigen Studie vergleichen, da die anderen Gruppen allesamt Kinder unter 13 Jahren untersucht haben.

Die bei Vinkka-Puhakka et al. publizierten Werte der PP der UL sagittal (2,0 mm \pm 0,88 mm) bzw. transversal (2,3 mm \pm 0,98 mm) stimmen mit den Werten der hiesigen Studie für Frauen (n=26) nicht überein (PP der UL sagittal 1,21 mm \pm 0,31 mm bzw. PP transversal 1,08 mm \pm 0,31 mm; vgl. Kap. 4.1.2). Gründe dafür könnten die ethnische Zusammensetzung des Studienkollektivs von Vinkka-Puhakka et al. und die deutlich kleinere Kollektivgröße sein (8 Neuseeländerinnen mit europäischer Herkunft und 3 Neuseeländerinnen mit chinesischer Herkunft).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die in der vorliegenden Studie gemachten Aussagen und Vergleiche der Messregionen (PP und PM) erst durch ein umfangreiches, die verschiedenen Messregionen berücksichtigendes, differenziertes Messprotokoll (s. Kap. 3.3.5) möglich wurden und klar den Wert desselben aufzeigen.

Größendifferenz der PM von OL und UL

Bei Betrachtung der Größendifferenz der PM zugunsten der UL (vgl. Kap. 4.1) stellt sich die Frage nach der Ursache für diesen signifikanten Unterschied. Der Radius bzw. die Krümmung der Pars marginalis ist interindividuell sehr unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Kap. 4.2.1, Abb. 4.13), was direkte Auswirkungen auf die in Kap. 3.3.5 vorgestellten sagittalen Messungen hat (bei größerem Radius erhöht sich auch der Messwert für die PM). Direkte Vergleichswerte für die Dicke der PM existieren aufgrund der fehlenden nachvollziehbaren Lagebeschreibung

der Messstrecken in der Literatur nicht. Bei der Betrachtung der Größendifferenzen machten Vinkka-Puhakka et al. jedoch ähnliche Beobachtungen und kamen bei ihrer Vermessung der PM zu dem Ergebnis, dass die PM der UL dicker als die PM der OL sei und sich zudem stärker einrolle als die PM der OL [92]. Für belastbarere Aussagen wären auch in diesem Fall größere Kohortenstudien sinnvoll.

Trainingseffekt bei Blechbläsern

Die signifikant höheren Dickenwerte des MOO von Blechblasmusikern (s. Kap. 4.1.4) lassen den Schluss zu, dass es sich um einen Trainingseffekt durch das Spielen eines Blechblasinstrumentes handeln könnte. Ähnliche Ergebnisse (Trainingseffekte durch Lippenübungen) haben Prabhu und Munshi et al. an Kindern mit Malokklusionsstörungen festgestellt [58,73]. Für belastbarere Ergebnisse und insbesondere Aussagen zum Ausmaß dieses Trainingseffektes müssten weitere Studien an einem größeren Kollektiv und mit genauer Dokumentation des Trainingsumfangs (d.h. Spielstunden pro Tag / pro Woche) folgen.

Schichtaufbau des MOO im B-mode-Ultraschallbild

Verschiedene Arbeitsgruppen beschrieben den sonomorphologischen Schichtaufbau der Mundlippe, welcher als fünfschichtig angegeben wurde:

Thijssen et al. [87] bezeichneten die 5 Schichten wie folgt:

1. „Epithel“
2. „lockeres Bindegewebe“
3. „MOO“
4. „dichtes Bindegewebe“
5. „Raum zwischen Mukosa und Zähnen“

Zhang et al. [103] liefern eine weitaus genauer definierte Einteilung der 5 Schichten:

1. dichte hyperechogene Linie hervorgerufen durch Schallgel und Epidermis

(“...continuous dense hyperechoic line generated by ultrasonic coupling agent and the thickening skin epidermis ...”)

2. leicht hyperechogene Region erzeugt durch Hautverbindungen, Philtrum und oberflächliche Fasern des MOO der OL (“...slightly hyperechoic area generated by skin connections, philtrum dimple, the left and right philtrum columns, and superficial layer muscle fibers of the upper lip orbicularis oris muscle...”)

3. durchgängige horizontal verlaufende bandförmige hypoechogene Region hervorgerufen durch tiefe Muskelfasern des MOO der OL (“...consistent horizontal cordlike hypoechoic area generated by deep layer muscle fibers of the upper lip orbicularis oris muscle, with a gently curved contour of average thickness...”)

4. leicht hyperechogene Region generiert durch die Submukosa und die Oberlippenarterie (“...slightly hyperechoic area generated by submucosa of the upper lip tissue and upper lip artery...”)

5. leicht hyperechogene Linie hervorgerufen durch die innenliegende Lippenmukosa (“...slightly hyperechoic line generated by the mucous layer of the upper lip tissue...”)

Wir schließen uns mit den vorliegenden Beobachtungen (s. Kap. 2.3, vgl. Abb. 4.12 in Kap. 4.2) der Einteilung von Zhang et al. an, da Thijssen et al. einerseits die PS des MOO in der zweiten Schicht nicht benennen und andererseits die Mukosa gut vom Vestibulum oris abzugrenzen ist (auch auf den von Thijssen et al. veröffentlichten Bildern [Fig. 2] [87]).

Definition „optimale Aufnahme“

Eine optimale B-mode-Aufnahme der Mundlippe umfasst nach Ansicht des Autors folgende Kriterien:

- gute Abgrenzbarkeit der sichtbaren Lippenstrukturen (insbesondere Gefäße, Drüsen und Muskulatur)
- Erfassung des MOO in möglichst großer Längenausdehnung
- keine Untersuchungsartefakte (wie z.B. Abkopplungsartefakte, Druck-Artefakte, Reverberationsartefakte)
- Anschnitt der Zähne als Landmarken

Dies ähnelt (mit Ausnahme der Auswahl der Zähne als Landmarken) der Definition der Gruppe um van Hees et al.: “optimal outlining of the skin at maximum grey level and with optimal contrast to the subcutaneous layers, optimal visibility and maximum thickness of the MOO” [88].

Ursprung, Ansatz und Faserverlauf des MOO

Die anatomischen Ansätze des MOO sind sonographisch nicht exakt darstellbar (weder am Modiolus, noch am Philtrum, noch am Nasenseptum oder am Kinn), da die Übergänge in die umgebende Gesichtsmuskulatur nicht eindeutig abgrenzbar sind. Die Darstellung der hochkomplexen Faserverläufe gelang bisher nur mittels 3D-MRT-Rekonstruktionen an Leichenpräparaten (da sich diese Technologie nur bedingt für Untersuchungen in vivo eignet), hier zeigte sich eine enge Verflechtung einer Vielzahl von Muskelfasern verschiedenster Herkunft [10].

Die Definition eines Ursprungs und eines Ansatzes in herkömmlicher anatomischer Vorgehensweise kann am MOO nicht vorgenommen werden und würde seine Funktionsweise auch nur unzureichend beschreiben, da der Muskel im Bereich der PS nahtlos in die Gesichtsmuskulatur übergeht bzw. die PS aus einstrahlenden Fasern der umgebenden Gesichtsmuskulatur gebildet wird.

Aufgrund der extrem feinen dreidimensionalen Auffächerung der Fasern des MOO gelingt sonographisch nach lateral keine klare Abgrenzung: „Although histological studies have been performed, there are several theories regarding the site of fiber attachment and the functional mechanism of the crossover structures of the OOM and a consensus opinion has not been obtained” [52].

Ohne exakte Definition und Bestimmung der Ansätze sind jedoch mittels konventioneller Ultraschalltechnik keine Längenmessungen (weder transversal noch sagittal) möglich. Dies gelang auch nicht in der ausgewerteten Literatur [7,9,14,28,27,39–41,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,91,92,95,94,98,103]. Aufgrund der ovalär-zirkulären Form des MOO könnte höchstens ein Umfang bestimmt werden (wobei dabei wiederum die Frage aufkäme, auf Höhe welcher Schicht die Messungen durchzuführen wären und an welchen Landmarken sich die Messungen orientieren sollten). Dies wäre eventuell mit speziellen Panoramaaufnahmen (s. Kap. 3.3.8) oder 3D-Rekonstruktionen denkbar und wurde von Deng et al. und Volk et al. versucht [21,93]. Die dort gewonnenen Daten lassen sich jedoch nicht hinreichend verifizieren, da keine eindeutigen Landmarken definiert werden und nicht angegeben wird, welche Teile des Muskels (d.h. PP oder PM und/oder PS) gemessen wurden. Für die ausschließliche Darstellung der Kontinuität (oder Unterbrechungen) des Muskels eignet sich die Panoramabildfunktion (s. Kap. 4.2.5) sehr gut, weil hier der gesamte Muskel

abgebildet werden kann.

Bei der Untersuchung des MOO in transversalen Ebenen ist zudem der Übergang zwischen PM und PP nicht exakt definierbar, da die PM kontinuierlich in die PP übergeht. Die schwierige Abgrenzung zwischen PM und PP des MOO führt zu einer Messunsicherheit. In der Literatur wird diese Problematik nicht behandelt [7,9,14,28,27,39,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,95,94,98,103] nur Vinkka-Puhakka et al. versuchten den „hook“ bzw. die PM zu vermessen [92].

Messungen unter Verwendung von Landmarken

Sonographische Dickenmessungen sind hingegen ohne Kenntnis der Muskelansätze möglich und daher gut durchführbar, wobei auch hier die topographischen Angaben zu den Messstrecken bislang nur unzureichend dokumentiert wurden: Zahlreiche Autoren haben den MOO transversal vermessen ohne dabei genau festzulegen, mit welchen Landmarken die Messregion erreicht wurde [9,39,53,58,73,77,87,93].

Allenfalls wurde auf topographische „landmarks“ der Gesichtsweichteile zurückgegriffen. Hier sind vor allem die *Columella*, *Philtrum ridges* bzw. *Philtral column* (=Philtrumkanten) [53,72,93] und die sagittale Linie in Verlängerung des sog. „Alar crease“ (dt.: „Nasenflügelfalte“) nach unten zur Lippe [53,72] zu nennen, aber auch die in der plastisch-rekonstruktiven Gesichtschirurgie verwendeten anthropometrischen Punkte „al“ (=alare), „sbal“ (=subalar point), „cphs“ (= crista philtri superior) und „cphi“ (= crista philtri inferior / Cupid's bow peak) [79,101,104], welche sich an der Nase, den Nasolabialfalten und am Philtrum orientieren (s. Abb. 5.4). All diese Punkte liegen jedoch viel zu dicht beieinander, als dass eine

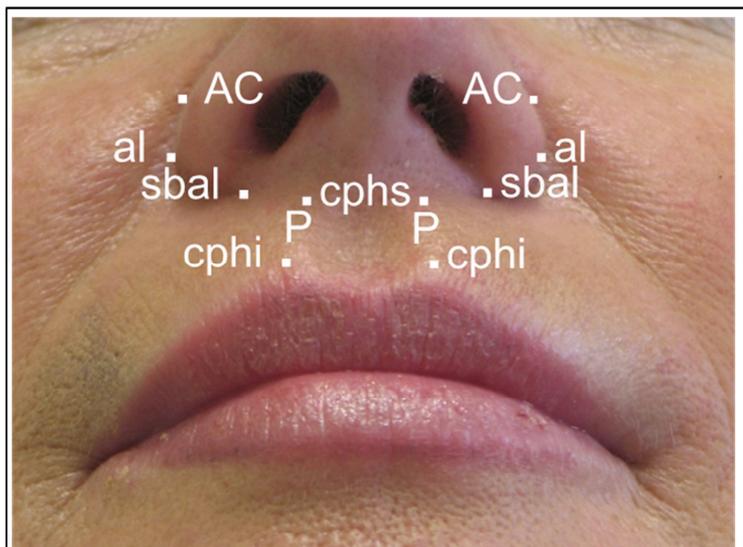


Abb. 5.4: Landmarken der Gesichtsweichteile im Kontext der Mundlippensonographie

P = Philtrum / Philtrum ridges / Philtral column

AC = Alar crease

al = alare

sbal = subalar point

cphs = crista philtri superior

cphi = crista philtri inferior

wirklich genaue Positionierung des Schallkopfes vorgenommen werden kann (allein aufgrund der üblichen Abmessungen von Linearschallköpfen).

Oft gibt es zudem als Beleg für die Positionierung des Schallkopfes und die Auswahl der gewünschten Schnittebene nur eine grob schematische Übersicht, wie beispielsweise bei Thijssen et al. [87] oder Marazita et al. [48].

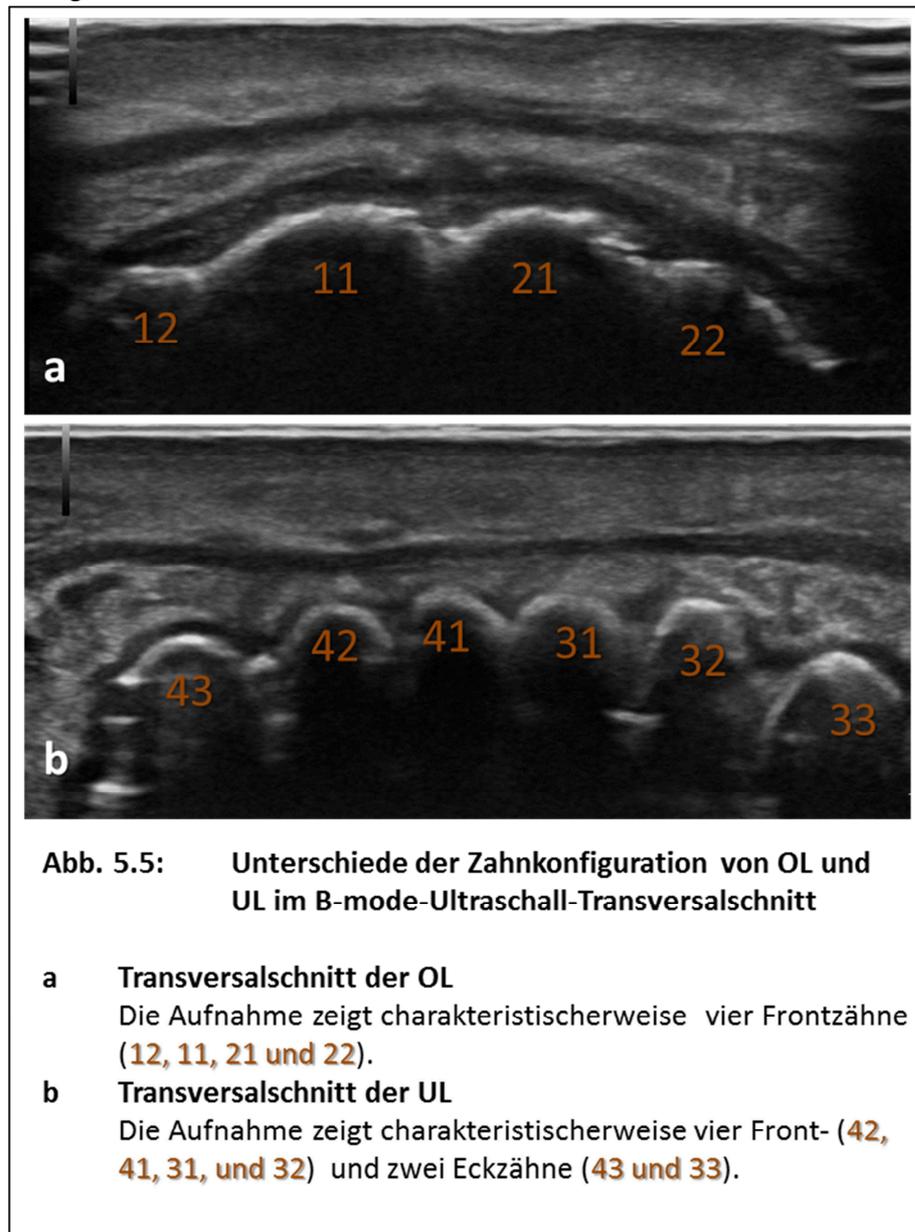
Diese von Thijssen et al. [87] und Marazita et al. [48] verwendeten Schemata lassen jedoch keine genaue Aussage zur Höhe der transversalen Schnittebene innerhalb der OL zu, weil Landmarken im Ultraschallbild fehlen. Lediglich Matic et al. [53] orientierten sich zur Bestimmung der Schnitthöhe an der A. labialis superior, welche jedoch einen variablen Verlauf zeigt (s. Abschnitt „Gefäßverlauf im Bereich der Mundlippen“ im Folgenden). Zudem sind die äußeren (Weichteil-)Landmarken durch Alterungsvorgänge im Zeitverlauf mitunter sehr variabel und bei der Untersuchung leicht verschieblich bzw. komprimierbar. Beides trifft auf die Zähne als Landmarken nicht zu.

Die intra- und interindividuelle Variabilität der Probanden ist somit ein wichtiger Faktor, der die exakte Reproduzierbarkeit der Messungen einschränkt, welche insbesondere durch ungenau definierte Messstrecken, weiches Gewebe und variablen Anpressdruck noch verstärkt wird. Die Gruppe um Weinberg et al. hat deshalb bei ihren umfangreichen Untersuchungen an insgesamt 823 Probanden im Rahmen der *POFC* bewusst auf Messungen verzichtet und sich auf eine Bewertung möglicher Muskeldiskontinuitäten (sog. „*Minimal-Cleft-Lips*“; Einteilung in: „normal“ vs. „*affected*“ d.h. „betroffen“ vs. „*unknown*“ d.h. „unbekannt“) durch 3 unabhängige Auswerter beschränkt [48,80,96].

Bei der Auswahl der Messstrecken wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Vorgehensweise von Power und Matic [53,72] fortgeführt und ausgedehnt. Beide Autoren definierten „*nasolabial landmarks*“ an der OL, wie etwa die Philtrumkante, an denen die Schallköpfe aufgesetzt wurden. In der vorliegenden Studie wurden zunächst ähnliche äußerliche topographische Landmarken für OL und UL benutzt (s. Kap 2.2). Der Schallkopf wird horizontal auf die OL gesetzt, welche im Verhältnis zum Schallkopf meist schmaler als dieser ist, weshalb die Positionierung des Schallkopfes auf der Lippe nur durch Orientierung über äußerlich sichtbare Landmarken stark erschwert ist.

Es stellte sich allerdings im Rahmen der Vorstudie heraus, dass für die exakte Definition der richtigen Schnittebene die Zähne als noch besser geeignete, weil in ihrer Position gleichbleibende, Referenzpunkte bzw. „Landmarken“ anzusehen sind. Dies ist insbesondere bei den transversalen Aufnahmen wichtig, da man hier leicht den MOO der OL mit dem der UL verwechseln kann (s. Abb. 5.5). Patienten mit Teil- oder Vollprothesen sollten daher immer mit ihren eingesetzten Prothesen

untersucht werden, da diese als Landmarken und zudem als Widerlager bei der Untersuchung dienen können.



Die Verwendung der Zähne wurde zur topographischen Abgrenzung verschiedener Untersuchungsregionen bereits 2001 durch Sader et. al. publiziert, hierbei dienten diese als charakteristische topologische Erkennungsmerkmale bei der systematischen sonographischen Untersuchungsmethodik im Mundbodenbereich und an der Wange [83]. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde diese Erkenntnis erstmals bei der sonographischen Untersuchung der Mundlippen angewendet. Die Zähne als Landmarken finden in den bisherigen Ultraschallstudien der Lippen keine Erwähnung. Lediglich Capaccioli et al. beschreiben knöcherne Landmarken wie Zähne und Kieferknochen, welche jedoch unter cephalometrischen Gesichtspunkten und mittels Fernröntgenseitenbild erhoben wurden [14].

In transversalen sonographischen Aufnahmen sind die Zahnkronen und Zahnhäse der Frontzähne gut zu erkennen. Da die Zahnzwischenräume oft nicht größer als 1 mm sind, ließ sich auf sagittalen Ultraschallstandbildern nicht immer differenzieren, welcher Frontzahn exakt getroffen wurde, ohne die zugehörige Videosequenz zu begutachten. Dies erfolgte entweder während der Untersuchung oder nachträglich bei der Auswertung dynamischer Ultraschallvideos und wurde in jedem Einzelfall durchgeführt, was sehr zeitaufwendig war (s. Kap. 3.3.4).

Klinisch interessant ist zudem die Beurteilung der Zahnstellung in situ, d.h. die topographische Lage der Zähne in Relation zum MOO und den übrigen Lippenweichteilen. Denn wie bereits 1978 von Delaire postuliert, hat die Funktion des MOO der OL Effekte auf die angrenzenden dentoalveolären Strukturen. So steht etwa bimaxilläre Protrusion im Zusammenhang mit Hypotonus der OL [19], und es konnte sonographisch gezeigt werden, dass die Muskeldicke der UL am geringsten bei Patienten (Kindern) mit Überbiss und am größten bei Patienten (Kindern) mit offenem Biss ist [77]. Trainingseffekte der Lippenmuskulatur in Form einer Dickenzunahme des MOO wurden an Kindern mit Malokklusionsstörungen sonographisch bereits nachgewiesen [73] und ließen sich auch in der vorliegenden Studie bei Blechbläsern feststellen (s. Kap. 4.1.4). Zudem hat das Blasinstrumentenspiel Einfluss auf die Zahnstellung, genauso wie wiederum Zahnfehlstellungen Probleme beim Blasinstrumentenspiel verursachen können [11,56,81].

Die Ausführungen der Gruppe um van Hees aufgreifend [88], wurde die dort beschriebene Messmethodik in der vorliegenden Studie erweitert durch die Erfassung von 8 Standbildern (s. Kap. 3.3). Dies ermöglichte die Etablierung von mehreren Messstrecken in einer Schnittebene, eine Mittelwertberechnung der Muskeldicke und somit noch genauere und validere Messungen (s. Abb. 3.9 und Abb. 3.10 in Kapitel 3.3.4). Sämtliche Arbeitsgruppen mit Ausnahme von Zhang et al. [103] haben sich bis dato auf Einzelmessungen beschränkt, Barbosa et al. führten dabei Wiederholungsmessungen derselben Untersuchungspunkte in Zweiminuten-Abständen durch [9].

Die transversale „Dickenmessung“ des MOO erfolgte in der Literatur nicht nur ohne eindeutig definierte Messstrecken, sondern auch ohne Angabe des untersuchten Muskelbereichs (PM und/oder PP).

Diesbezüglich wurden weder das Frenulum labii noch die Doppelung oder die Auffächerung der PM des MOO in der ausgewerteten Ultraschall-Literatur [7,9,14,28,27,39–41,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,89,91,92,95,94,98,103] bislang beschrieben.

Die Bestimmung der Schnitthöhe ist jedoch für eine nachvollziehbare Messung von hoher Relevanz, da die Muskeldicke je nach Schnitthöhe innerhalb weniger

Millimeter erheblich schwanken kann. In Abb. 5.6 und 5.7 sind exemplarisch 3 verschiedene Schnitthöhen A, a und b dargestellt, in denen die Dicke des MOO deutlich variiert. Dies liegt hauptsächlich an der Hockeyschlägerform der PM und der damit verbundenen Vielzahl von dort möglichen Anschnitten (wie in Abb. 5.6 und 5.7 dargestellt). Zusätzlich zeigen sich im Falle höher bzw. rostraler gewählter Schnittebenen (s. Abb. 5.6 b und 5.7 b) zwei morphologisch deutlich divergente Muskelschichten des MOO (PP und PS).

Von diesen Schichten lässt sich nur die PP eindeutig abgrenzen und messen. Denn die PS lässt sich zwar identifizieren, aber die Abgrenzung zur Haut bzw. Subkutis gelingt nicht (s. beispielsweise Abb. 4.23 in Kap. 4.2), was auch dem histologischen Bild entspricht, bei dem die Muskelfasern der PS ohne scharfe Trennlinie in die Subkutis übergehen (vgl. Abb. 2.8 und 2.9). Diese schlechte Abgrenzbarkeit der Faserverläufe der Gesichtsmuskulatur im Bereich der PS gilt analog auch für die UL. Die schlechte Abgrenzbarkeit der PS zeigt sich nicht nur sonographisch, sondern auch MRT-morphologisch in einem ausgedehnten überkreuzenden Fasergeflecht aus M. levator labii superioris alaeque nasi, M. levator labii superioris, M. zygomaticus major und minor, M. levator anguli oris, M. buccinator und dem MOO [10].

Als Konsequenz wurde im Rahmen dieser Studie auf eine transversale Dickenmessung der PS verzichtet und lediglich die Dicke in der kompakteren und gut abgrenzbaren PP gemessen. Auch die PM wurde transversal nicht vermessen, da sie in dieser Ebene wie zuvor ausgeführt erheblich in der Dicke schwanken kann und ihre Abgrenzung zur PP aufgrund der Hockeyschlägerform nicht immer sicher gelingt.

Auf die Messung der PS wurde auch in sagittalen Schnittbildern aufgrund der schlechten Abgrenzbarkeit von den oberflächlichen Lippenweichteilen verzichtet, die PM hingegen ließ sich in Form des „Hakens“ des Hockeyschlägers identifizieren und sagittal messen.

Bei Durchsicht der zum Thema vorliegenden Literatur, lässt sich aufgrund der oft ungenauen Beschreibungen des Messbereichs bzw. der Schallkopfpositionen (z.B.: „Mittelteil des Muskels“ [9], „entire area of lip“ [39] etc.) unter Betrachtung der jeweiligen exemplarischen B-mode-Standbilder und der mit abgebildeten Zahnanschnitte nur vermuten, dass sich die bisherigen Studien mit ihren transversalen Dickenmessungen ebenfalls auf die PP beschränkten.

Obwohl eine Unterscheidung der Anteile des MOO anatomisch bereits seit 1890 durch Roy [82] beschrieben wurde, ist diese bei den bislang veröffentlichten Arbeiten zur Sonographie des MOO mit Ausnahme der Gruppe um van Hees/Thijssen [89] noch nicht erfolgt:

Es wird, abgesehen von van Hees/ Thijssen und Lefarth et al., in keiner anderen der vorangehend genannten Quellen [7,9,14,28,27,39,48,50,52,53,57,58,60,72,73,77,79,80,87,92,95,94,98,103] eine explizite Unterscheidung der oberflächlichen und tiefen Schicht des MOO gemacht. Eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Teilen der tiefen Schicht des MOO (PP und PM) erfolgte auch bei van Hees/ Thijssen [89] nicht, diese ist jedoch aufgrund der o.g. möglichen Dickenunterschiede und Dopplung der PM unbedingt notwendig. Die einzigen Arbeiten, die zwischen der oberflächlichen und tiefen Schicht des MOO und zwischen PP und PM unterscheiden, sind die Arbeiten von Lefarth et al. [40,41,91].

Eine valide Ultraschalluntersuchung setzt die Dokumentation in mindestens zwei Ebenen voraus, damit Messungen auch bezüglich der Schnitthöhe nachvollziehbar sind [83]. Dies wurde bei bisherigen Ultraschalluntersuchungen der Mundlippen nicht beachtet, daher kann man über die jeweilige Schnitthöhe der untersuchten Muskelpartie (und somit über die untersuchten Schichten und Anteile des MOO) nur spekulieren. Eine Ausnahme bildet nur die Technik von van Hees/Thijssen et al. [89], welche die Echolevel im B-mode-Bild bestimmten und mittels histologischer Verifizierung den Schichten der Lippe zuordneten.

In der vorliegenden Arbeit hingegen wurden 18 Messstrecken gebildet (s. Kap. 3.3.4) und Messungen an OL **und** UL, in zwei Ebenen, sowie in definierten Regionen des MOO (PP, PM) durchgeführt.

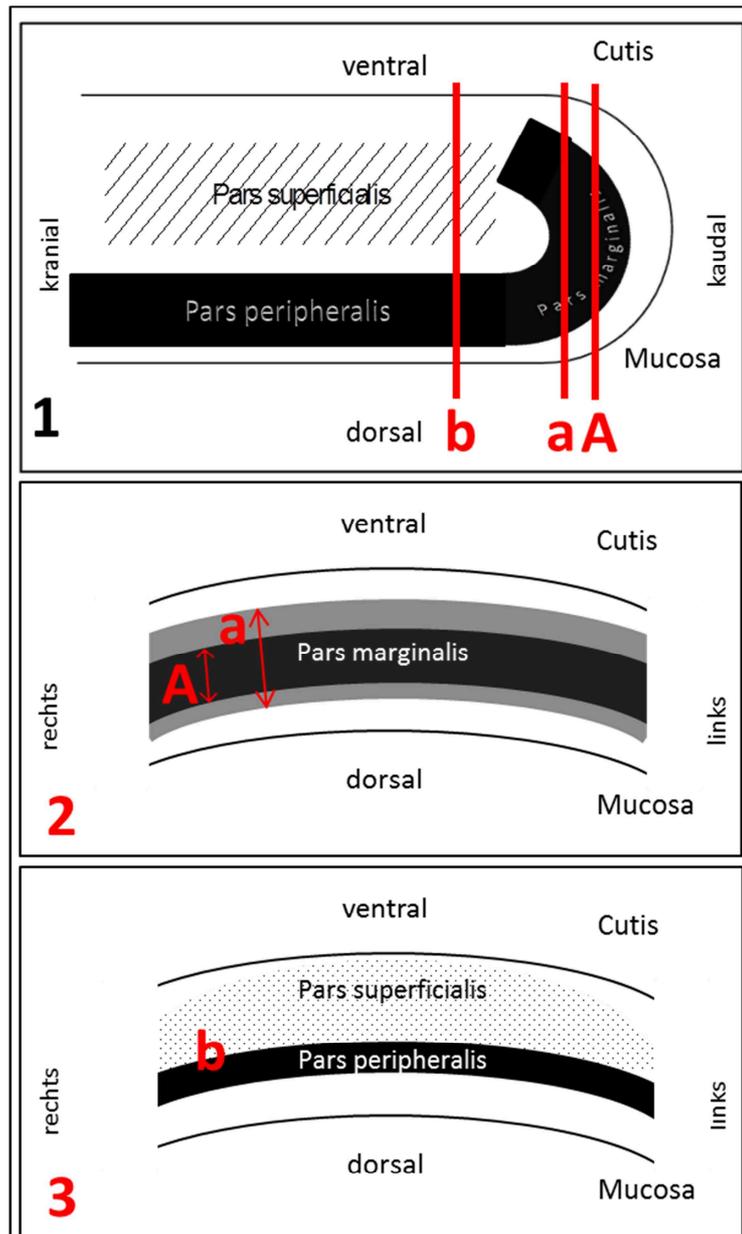


Abb. 5.6: Sonoanatomie des MOO in B-mode-Schnittebenen (Schema)

- 1 Sagittalschnitt der OL**
PM+ PP= Tiefe Schicht
A, a und **b** markieren die transversalen Schnittebenen, welche in **2** und **3** dargestellt sind.
- 2 Transversalschnitt der OL**
Aufgrund der Schnitthöhe ist nur die PM sichtbar, welche sich je nach Höhe des Anschnitts mit deutlichen Dickenunterschieden präsentiert (grau = **a**, schwarz = **A**)
- 3 Transversalschnitt der OL**
Aufgrund der Schnitthöhe ist die PM nicht sichtbar, sondern die PP und PS.

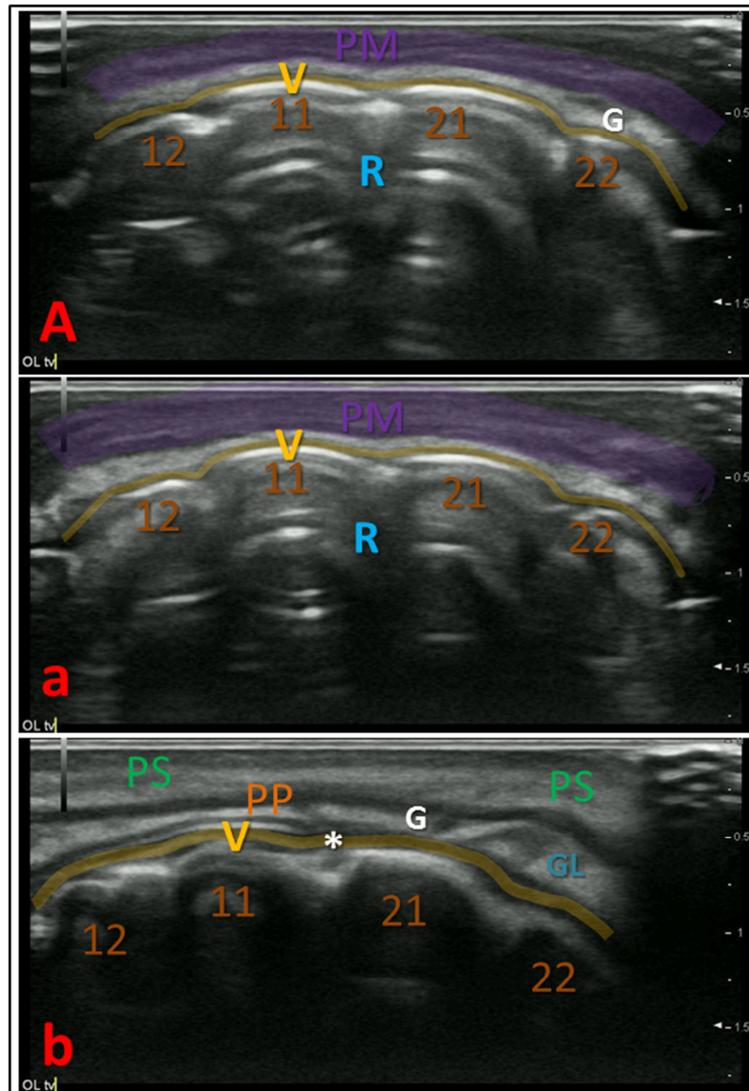


Abb. 5.7: B-mode-Transversalschnitte der OL

Die Schnittebenen **A**, **a** und **b** korrespondieren mit den schematisch dargestellten Ebenen in Abb. 5.6.

- A** Aufgrund der Schnitthöhe wird nur die Pars marginalis (**PM**) im Anschnitt dargestellt. Vor den Zähnen (**12, 11, 21 und 22**) ist das Vestibulum oris (**V**) sichtbar, dahinter zeigen sich aufgrund der starken schallkopfnahen Reflexion Reverberationsartefakte (Wiederholungsechos, **R**) der Zähne.
- a** Die **PM** ist aufgrund des kranialer als in **A** gelegenen Anschnitts „dicker“ bzw. in größerer Ausdehnung zu erkennen.
- b** Aufgrund der noch weiter kranial gelegenen Schnitthöhe ist die PM nicht sichtbar, sondern nur die P. superficialis (**PS**) und die P. peripheralis (**PP**). Zudem wird das Frenulum labii (*) erkennbar, und es zeigen sich Gefäßanschnitte (**G**) und Glandulae labiales (**GL**) im Bereich der Submucosa.

Artefakte bei der Ultraschalluntersuchung der Mundlippen

Bei Anspannung oder Entspannung der Gesichtsmuskulatur des Probanden (s. Abb. 3.5 in Kap. 3.3.4 und Abb. 4.15 in Kap. 4.2.1) können Bewegungsartefakte entstehen, welche durch Standbilder vermieden werden. Denn mit der „Freeze“-Funktion ist es in der Regel möglich ein artefaktfreies Einzelbild aus einer mehrsekündigen dynamischen Videosequenz auszuwählen.

Die Gruppe um van Hees et al. betonte den Vorteil der Kombination von dynamischer Untersuchung mit mehreren Standbildern [88]. In der vorliegenden Studie wurden die Probanden, analog zu zahlreichen anderen Arbeiten [41,53,57,60,72,80,92,98,103], sowohl statisch als auch dynamisch untersucht.

Abkopplungsartefakte (s. beispielsweise Abb. 2.4 in Kap. 2.2.3) sind in Anbetracht der Konvexität der Lippen und der Linearschallköpfe ein häufiges Artefakt bei der Mundlippensonographie. Sie treten während der unterbrechungsfreien dynamischen Untersuchung, bedingt durch die sich ständig verändernde Schallkopfposition und den durch die Bewegung des Untersuchers variierenden Anpressdruck, öfter auf und lassen sich bei Standbildern durch gezielte Variation des Anpressdruckes und der Schallkopfposition meist vermeiden.

Reverberationsartefakte (s. beispielsweise Abb. 5.7) treten bei stärkerer Annäherung des Schallkopfes an die Zähne (z.B. durch schmale Lippen oder durch Erhöhung des Anpressdruckes) auf.

Auswirkungen des Anpressdruckes des Schallkopfes auf die Lippenweichteile (insbesondere Zahnimpressionen, s. Abb. 4.15 in Kap. 4.2.1) wurden in der Literatur kaum beachtet. Es finden sich lediglich Hinweise der Art, dass der Anpressdruck bei der Untersuchung minimiert werden solle, um Muskelkompression zu vermeiden [94]. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden erstmals die sichtbaren Auswirkungen des Anpressdruckes auf die sagittale Konfiguration des MOO beschrieben (vgl. Kap. 4.2.1).

Besonderheiten bei der Untersuchung angespannter Muskulatur

Messungen im angespannten Zustand gestalten sich aus vielerlei Gründen deutlich aufwendiger als Messungen im entspannten Status:

1. wird die Lippenkontur bei Anspannung kurviger, wodurch die Ankopplung nur eingeschränkt gelingt.
2. verändert sich die charakteristische Sonomorphologie des MOO insbesondere in der sagittalen Ebene (vgl. Abb. 4.17), was die sichere Abgrenzung des MOO erschwert.
3. kommt es durch die Muskelkontraktion des MOO aufgrund der dreidimensionalen Faserverläufe mit Insertion des Muskels in die Haut (sog. *superficial musculoaponeurotic system* kurz „SMAS“ [2]) unweigerlich zu einer Formveränderung des MOO und der gesamten Lippenweichteile.

Diese Formveränderung wurde schon von Vinkka-Puhakka et al. festgestellt [92]. Ihr Ausmaß hängt insbesondere von der Art des bei der Untersuchung gewählten Manövers ab. So wurden in der Literatur beispielsweise folgende Anweisungen an die Patienten gegeben: „*smile*“ (dt. „Lächeln“), „*pucker*“ (dt. „Kussmund“), „*frown*“ (dt. Lippenbewegung bei grimmigem Ausdruck und Stirnrunzeln), „*sniffing*“ (dt. Schnüffeln, Bewegung wie beim Nasehochziehen) [72].

Die Formveränderung des MOO bei Anspannung beschrieben Vinkka-Puhakka et al. als Verstärkung der Hockeyschlägerform durch Kontraktion, wobei sie zusätzlich anführten, dass der MOO in verschiedenen Regionen ein unterschiedliches Maß an Kontraktion zeigt [92]. Auch zeigte sich der Muskel bei Anspannung im Bereich der PM schärfer abgrenzbar und besser sichtbar, ein Phänomen, welches schon Vinkka-Puhakka et al. [92] beobachteten.

Die Muskeldicke des MOO kann nicht nur beeinflusst werden durch Kontraktion der Muskulatur [54,92], sondern ebenso durch Kompression des Schallkopfes. Vor allem die Messung der PM wird durch den Anpressdruck des Schallkopfes mitunter deutlich beeinflusst (s. Abb. 5.8). Durch Anspannung resultiert erwiesenermaßen eine Dickenzunahme des MOO [9,58] (vgl. Kap. 4.2.1, Abb. 4.16).

Messungen in Anspannung sind jedoch nicht sehr valide, weil der Grad der Muskelkontraktion und damit der Grad der Dickenzunahme individuell vom Proband gesteuert wird und somit sehr variabel sein kann [6]. Solche unkalkulierbaren Einflüsse werden bei Ruhebedingungen ausgeschlossen, weshalb in der vorliegenden Studie von Messungen in Anspannung Abstand genommen wurde.

Problematik von Zahnfehlstellungen bei Blasmusikern

Das Eindrücken labialer Weichteilstrukturen (insbesondere des MOO) durch die Zähne (s. Abb. 5.8, vgl. Abb. 4.14 in Kap 4.2.1) kann für Blechbläser ein Problem bei der Bildung eines sog. „Ansatzes“ sein: Der Anpressdruck des Mundstückes ruft oftmals Schmerzen und Druckschäden [66] hervor, was in einer Berufsunfähigkeit (BK-Nr. 2106) [5] münden kann. Im Extremfall wird dann trotz kieferorthopädischer und/oder prothetischer Versorgung das Spielen des Blechblasinstrumentes unmöglich.

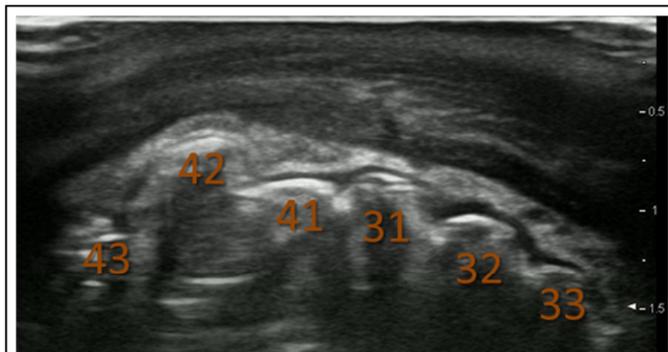


Abb. 5.8: Zahnfehlstellung im Bereich der UL

Die B-mode-Aufnahme zeigt im Transversalschnitt der UL vier Front- (42, 41, 31, und 32) und zwei Eckzähne (43 und 33), wobei Zahn 42 deutlich hervorsteht und sich in die Lippenweichteile eindrückt.

Anwendungsfelder der Mundlippensonographie

Sonographische Untersuchungen des MOO sind insbesondere bei folgenden Patientengruppen angezeigt:

1. Patienten mit erworbenen Lippenverletzungen
 - a. durch (Tumor-) Operationen [27]
 - b. durch Unfälle [41]
 - c. durch Überbeanspruchung („Overuse“) der Lippen vom ödematösen Aufquellen der Muskulatur bis hin zum sog. „Satchmo Syndrom“ professioneller Blechbläser mit Ruptur des MOO (nach dem Jazztrompeter Louis Armstrong benannt) [4,24,64,70,71,86]
2. Patienten mit angeborenen Defekten der Lippen, insbesondere
 - a. mit *minimal cleft lips* (gespaltenem/dehiszentem MOO unter intakter Lippenschleimhaut ohne Symptome) [30,49,76,80]. Die Sonographie der Mundlippen kann somit subklinische Defekte im MOO sichtbar machen. Dies zeigten auch Weinberg et al., welche bei 40% der Verwandten 1. Grades von Cleft-Lip-Patienten subklinische Defekte des MOO der OL feststellten [96].
 - b. mit operativ verschlossenen Lippenspalten [22,38,53,58,68,72,79,87,89]

Untersuchung von Diskontinuitäten des MOO

Bei den unter 1.a, b, c und den unter 2.b genannten Patienten resultiert regelmäßig eine mehr oder minder große Vernarbung der Lippe. Die Diagnostik von Narben im Bereich des MOO ist mittels Ultraschall sehr gut möglich (s. Kap. 4.2.1). Ultraschall der Mundlippen eignet sich daher zur postoperativen Kontrolle des Operationsergebnisses, wie dies Matic et al. bereits durchführten [53].

Bei der Mundlippensonographie zeigen sich Narben (nach Verletzungen oder Operationen des MOO) meist als chaotische, echoarme und räumlich begrenzte Unterbrechungen der Fasertextur, oftmals durchsetzt von echoreichen Bindegewebszügen [41]. Vergleichbare Narbenbildungen des Oberlippenmuskels nach operativem Spaltverschluss sind von Martin et al. [50,49] und van Hees et al. [89] publiziert worden.

Eine angeborene Diskontinuität bzw. *minimal cleft lip* des MOO manifestiert sich typischerweise als ein echogener Bruch, welcher ein fehlendes Muskelsegment oder eine abrupte Ausdünnung anzeigt [48].

Gefäßverlauf im Bereich der Mundlippen

Der Verlauf der die Lippen versorgenden Aa. labiales zeigt interindividuell deutliche Variationen, was in anatomischen Studien bereits untersucht wurde [3,45]. Farbduplex-sonographische Darstellungen der Lippenarterien wurden bislang nur in Form einer Einzelfallvorstellung (kaliberpersistente A. labialis) publiziert [102]. Bei Farbduplexaufnahmen im Rahmen der vorliegenden Studie zeigte sich ein charakteristischer geschlängelter Verlauf der Lippengefäße in der transversalen Ebene (s. Kap. 4.2.2, Abb. 4.22). Die sonographischen in vivo-Beobachtungen zur Lage der A. labialis am Innenrand der Mundlippen (der sog. „vermilion border“ am Übergang von Lippenrot zu Lippenschleimhaut) decken sich mit anatomisch-histologischen Untersuchungen [46]. Hier stellt die nicht strahlenbelastende Sonographie eine sehr gute Methode zur Visualisierung der Lippengefäße dar. Ein mögliches Anwendungsgebiet, welches auch schon Jiang et al. anvisierten, wäre die präoperative Bewertung der labialen Gefäßversorgung vor Muskellappen-Verschiebepplastiken [35]. Bereits nachgewiesen werden konnte die Gefährdung der Lippengefäße durch *Filler*-Injektionen [91].

Elastographie

Untersuchungen mittels Elastographie wurden in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts erstmals praktiziert und finden seit einigen Jahren zunehmenden Einzug in die klinische Routine [8,16,44,62].

In der Kopf-Hals-Sonographie findet die Elastographie außer bei der Lippenmuskulatur [37] zudem Anwendung bei Speicheldrüsentumoren oder Lymphknotenveränderungen [99].

Untersuchungen der Mundlippen mittels Elastographie wurden bislang einzig durch die Gruppe um de Korte et al. durchgeführt. Dabei kamen die Autoren zu dem Schluss, dass sich die Elastographie zur Darstellung des MOO eignet [37] und helfen kann, das Ausmaß der Muskelveränderungen bei rekonstruierten Lippenspalten zu quantifizieren [38].

Die PS des MOO wurde erstmals im Rahmen der vorliegenden Arbeit exemplarisch untersucht und ihr Erscheinungsbild beschrieben. Hierbei ließen sich die im B-Bild vermutlich aufgrund der feinen Auffächerung kaum sichtbaren Fasern, mittels Elastographie farbkodiert gut aufzeigen (vgl. Kap. 4.2.3, Abb. 4.23).

Bei der Elastographie kam es zu Artefakten im Sinne von Farbkodierung größerer Bereiche oder Strukturen außerhalb des MOO (wie etwa Mundvorhof oder Zähne). So ist insbesondere die Differenzierung zwischen Muskulatur und Vestibulum oris problematisch (s. Abb. 5.9). De Korte et al. machen, in der bisher einzigen Studie zur Elastographie der Mundlippen (n=1), hierzu keine Angaben [38]. Eine Erklärung könnte sein, dass sich am Vestibulum oris und an den Zähnen deutliche Schallreflexe bilden, welche schon im herkömmlichen B-mode-Ultraschallbild z.B. an den Zähnen als Reverberationsartefakte (s. Abb. 5.7; vgl. Kap. 2.2.4) eindrucksvoll sichtbar werden.

Auch die für den Schallkopf erforderliche Auflagefläche (sowie die dafür notwendige Regulation des für die Elastographie benötigten leichten Anpressdruckes) war nicht immer zu gewährleisten: Aufgrund der Lippenwölbung war für die Vergrößerung der Ankopplungsfläche bei der Elastographie ein höherer Anpressdruck des Schallkopfes als für eine konventionelle B-mode-Aufnahme nötig, sodass die elastographische Untersuchung teilweise nicht möglich war.

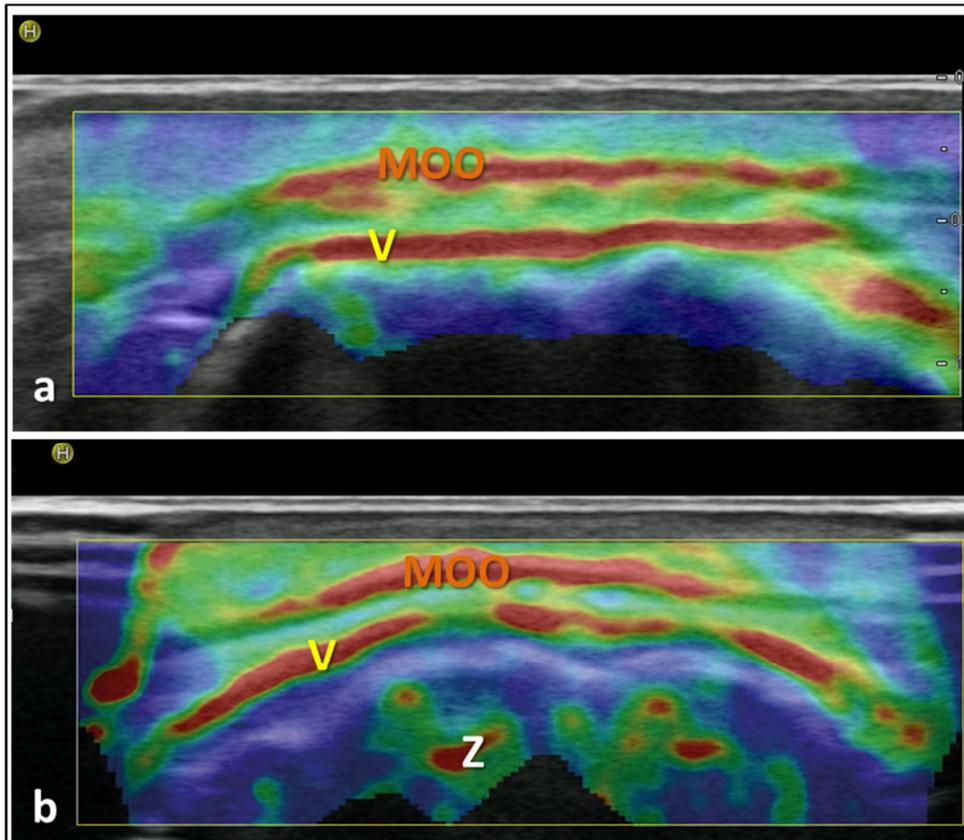


Abb. 5.9: Artefakte bei der Elastographie der OL

- a** Transversales Schnittbild der OL
Rot unterlegt ist nicht nur der **MOO**, sondern auch das Vestibulum oris (**V**).
- b** Transversales Schnittbild der OL analog zu **a**
Auch hier sind **MOO** und Vestibulum oris (**V**) im reinen Elastographie-Bild nicht zu unterscheiden. Zudem sind auch die Zähne (**Z**) artifiziell mit Farbe unterlegt.

Cheilitis granulomatosa (CG)

Das Krankheitsbild der CG äussert sich als unspezifische diffuse Lippenschwellung und kann klinisch bislang vor allem durch histopathologische Untersuchungen nachgewiesen werden [29]. Aus Mangel an spezifischen Symptomen entsteht für die untersuchenden Ärzte mitunter ein „diagnostisches Dilemma“ [29].

Bei der Ultraschalluntersuchung ist eine erhöhte Vaskularisation bislang das hauptsächlich genutzte Kriterium zur Identifizierung der CG [29,75].

Die Elastographie könnte hier einen wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Diagnostik, z.B. im Rahmen von *Follow-Up*-Untersuchungen zur Therapiebewertung, eventuell sogar zur Initialdiagnostik, liefern. Hierfür wären allerdings weitere ausführliche Grundlagenstudien notwendig.

Bildgebende Verfahren im Mundbereich

Mit Panoramaaufnahmen kann man den MOO in toto (inklusive des Modiolus anguli oris d.h. der seitlichen Kreuzungsstelle der Gesichtsmuskulatur am Mundwinkel) erfassen. Derartige Panoramaaufnahmen der Mundlippe wurden bisher noch nicht publiziert.

Durch Verschiebeartefakte (s. Abb. 4.26 in Kap. 4.2.5), sowie aufgrund des Verlustes an Detailschärfe bei Fusion der Einzelbilder, eignen sich Panoramaaufnahmen vor allem als Überblick und weniger zur detaillierten Untersuchung der Faserverläufe des MOO.

Einige Versuche zur Darstellung des MOO mittels 3D-Ultraschall wurden bereits veröffentlicht, sind jedoch technisch aufwendig, da speziell konfiguriertes Equipment erforderlich ist [21,93]. Hier kann die Magnetresonanztomographie (MRT) einen wichtigen Beitrag zur 3D-Darstellung der Mundlippen leisten [10].

Magnetresonanztomographie (MRT)

Die dreidimensionalen Faserverläufe der Muskeln der unteren Gesichtspartie inklusive des MOO lassen sich mittels MRT darstellen. Hierzu ist allerdings ein Hochfeld-MRT (7 Tesla) zur Gewährleistung der benötigten Auflösung erforderlich [10]. Eine erhöhte Unfallgefahr (z.B. durch Magnetisierung von Metallimplantaten) und physikalische Wechselwirkungen (wie etwa unkontrollierte Wärmeentwicklung) erschweren jedoch die Anwendung und beschränken diese aktuell auf den Forschungsbetrieb [74]. Entsprechende Studien an den Mundlippen wurden wegen dieser Risiken daher bislang nur an Kadavern durchgeführt [10].

Hierbei konnte

- ein ausgeprägtes Überkreuzen der umgebenden mimischen Muskelfasern (M. levator labii superioris alaeque nasi, M. levator labii superioris und M. zygomaticus minor) im Philtrumbereich,
- ein Einstrahlen dieser Muskeln in die PS des MOO,
- sowie ein Überkreuzen des jeweiligen kontralateralen tiefen Anteils des MOO auf die Gegenseite im Philtrumbereich
- mittels 3D-Rekonstruktionen sichtbar gemacht und histologisch verifiziert werden [10].

Computertomographie (CT) und Spiral-CT-Angiographie

Für die spezifische Untersuchung der Lippenweichteile wurde das CT bislang aus

strahlenschutztechnischen Gründen nicht eingesetzt, da das MRT hier die geeignetere nicht strahlenbelastende Lösung bietet.

Im Spiral-CT-Angio wurde lediglich der Verlauf der A. facialis ohne Beachtung des weiteren Verlaufes der Aa. labiales untersucht [35].

Orthopantomogramm (OPG) und Digitale Volumentomographie (DVT)

Mittels Ultraschall lassen sich ohne Strahlenbelastung Panorama-, 3D- und sogar 4D-Aufnahmen [21] der Weichteilstrukturen der Mundlippen erstellen. Knöcherne Strukturen hingegen können nur oberflächlich (d.h. an den Grenzflächen) dargestellt werden, da die Ultraschallwellen von Knochen (oder Zähnen) total reflektiert werden [33]. Diese Aufgabe erfüllen OPG und DVT mit sehr guter Aussagekraft zu knöchernen Strukturen und Zähnen (auch in 3D), allerdings mit Strahlenbelastung und weitgehend fehlender Beurteilbarkeit der Weichteilstrukturen [18].

Fazit:

Untersuchungstechniken der Wahl für die Weichteile im Mundbereich sind Ultraschall und MRT. Das (Hochfeld-)MRT ist dem Ultraschall in puncto Detailauflösung zwar überlegen, jedoch ist die Anwendung (mutmaßlich aus Gefahren- und auch aus Kostengründen) bislang auf wissenschaftliche Studien beschränkt und noch nicht in vivo erfolgt [10]. Eine gute Ergänzung zum Ultraschall können OPG und DVT mit detaillierten Aussagen zu Knochen und Zähnen liefern, allerdings mit Strahlenbelastung.

Wie schon Frühwald 1986 postulierte, stellt die an die Situation anpassbare Schnittführung den größten Vorteil der Sonographie gegenüber sämtlichen anderen bildgebenden Verfahren dar [27]. Zudem eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten durch Aufzeichnung von Videosequenzen mit Funktionsaufnahmen in 2D, 3D und 4D [21].

5.3 Schlussfolgerungen

Die Mundlippensonographie eignet sich unter Verwendung standardisierter Untersuchungsabläufe in besonderem Maße zur klinisch-apparativen Diagnostik von Funktionsstörungen, morphologischen Veränderungen, Krankheitsverläufen, aber auch zur Grundlagenforschung im Bereich des Musculus orbicularis oris.

Es konnte gezeigt werden, dass:

- die Sonographie als Echtzeitverfahren für die klinische Untersuchung der Mundlippen inkl. Narbendiagnostik und Untersuchung der Lippengefäße (z.B. nach Operationen und/oder Traumata) anwendbar ist.
- die Beurteilung der labialen und perioralen Weichteile und die Auswirkungen der Zahnstellung wichtige Erkenntnisse bei der Funktionsuntersuchung des MOO im Bereich der Musikermedizin zu liefern vermögen (beispielsweise zur Untersuchung des sog. „Ansatzes“ beim Spielen von Blechblasinstrumenten).
- die Elastographie sich zur Diagnostik bei Granulomen der Mundlippen eignet.
- die Vermessung der Lippenmuskulatur mittels Ultraschall möglich ist, aber zur Vergleichbarkeit möglichst exakt definierte Messstrecken erforderlich sind, und sich daher folgende Arbeiten bemühen sollten, ein international vergleichbares Schema (wie das hier präsentierte) anzuwenden.
- für die Auswertung der Messung von Muskeldicken statische Untersuchungen in entspanntem Zustand denen in angespanntem Zustand vorzuziehen sind, da erstere weitaus genauer durchführbar und nicht so stark von der individuellen Steuerung durch den Probanden abhängig sind wie letztere.
- bei Dickenvergleichen des MOO zwischen Blechblasmusikern und Nicht-Blechbläsern trainingsbedingte Unterschiede bestehen.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Aeby C (1879) Die Muskulatur der menschlichen Mundspalte. Archiv f. mikrosk. Anatomie 16(1): 651–664
2. Al-Hoqail R A, Abdel Meguid E M (2009) An anatomical and analytical study of the modiolus. Aesthetic Plast Surg 33(2): 147–152
3. Al-Hoqail R A, Meguid E M A (2008) Anatomic dissection of the arterial supply of the lips. J Craniofac Surg 19(3): 785–794
4. Arcier A F, Vernay A (1994) Observation clinique: lésions musculaires labiales liées au jeu des cuivres. Médecine des Arts (8): 14–19
5. Ärztl. Sachverständigenrat beim Bundesministerium für Arbeit u Sozialordnung (2002) Druckschädigung der Nerven. Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2106 der Anlage zur Berufskrankheitenverordnung (BKV). Bundesarbeitsblatt (11/2002): 62
6. Bakke M, Thomsen C E, Vilmann A et al (1996) Ultrasonographic assessment of the swelling of the human masseter muscle after static and dynamic activity. Arch Oral Biol 41(2): 133–140
7. Balogh B, Frühwald F, Millesi W et al (1988) Sonoanatomy of the muscles of facial expression. Surg Radiol Anat 10(2): 101–106
8. Bamber J, Cosgrove D, Dietrich C et al (2013) EFSUMB Guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. Ultraschall in Med 34(2): 169–184
9. Barbosa T d S, Gavião M B D, Pupo L S et al (2012) Associations between orbicularis oris thickness and skeletal and dental variables in mixed dentition. Rev odontol UNESP 41(6): 402–407
10. Bo C, Ningbei Y (2014) Reconstruction of upper lip muscle system by anatomy, magnetic resonance imaging, and serial histological sections. J Craniofac Surg 25(1): 48–54
11. Borchers L, Gebert M, Jung T (2002) Mundstückkräfte und Zahnbewegungen beim Spielen von Blechblasinstrumenten. Musikphysiol Musikermed 9(1): 1–7
12. Bortz J, Schuster C (2010) Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, 7th ed. Springer, Berlin - Heidelberg
13. Branchet M C, Boisnic S, Frances C et al (1990) Skin thickness changes in normal aging skin. Gerontology 36(1): 28–35
14. Capaccioli L, Antonini A, Franchi L et al (1998) Correlazioni tra l'aspetto ecografico dei muscoli periorali e masticatori e le caratteristiche dento-scheletriche. Radiol Med 95(6): 567–572
15. Cash C, Set P, Coleman N (2001) The accuracy of antenatal ultrasound in the detection of facial clefts in a low-risk screening population. Ultrasound Obstet Gynecol 18(5): 432–436
16. Cosgrove D, Piscaglia F, Bamber J et al (2013) EFSUMB Guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications. Ultraschall in Med 34(3): 238–253
17. Cruveilhier J (1834) Traité d'anatomie descriptive (2. Tome). Béchet, Paris, p. 127
18. Dammann F, Bootz F, Cohnen M et al (2014) Diagnostic imaging modalities in head and neck disease. Dtsch Arztebl Int 111(23-24): 417–423
19. Delaire J (1978) The potential role of facial muscles in monitoring maxillary growth and morphogenesis. In: Carlson D S, McNamara J A (eds.) Muscle

- adaptation in the craniofacial region : proceedings of a sponsored symposium honoring Professor Robert E. Moyers. Center for Human Growth and Development, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, pp. 157–180
20. Delorme S, Debus J, Jenderka K-V (2012) *Sonografie*, 3rd ed. Thieme, Stuttgart, pp. 64-68
 21. Deng J, Newton N M, Hall-Craggs M A et al (2000) Novel technique for three-dimensional visualisation and quantification of deformable, moving soft-tissue body parts. *Lancet* 356(9224): 127–131
 22. Devadiga S, Desai A K, Joshi S et al (2016) Quantitative assessment of healthy and reconstructed cleft lip using ultrasonography. *Indian J Dent* 7(1): 6–10
 23. Dietrich C F, Frey H, Greis C (2012) Grundlagen. In: Dietrich C F (ed.) *Ultraschall-Kurs*, 6th ed. Dt. Ärzte-Verl., Köln
 24. Donnet A, Dessi P, Koepfel M C (1996) Le syndrome de Satchmo. *Presse Med* 25(4): 173
 25. Field A (2013) *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*, 4th ed. Sage, Los Angeles - London - New Delhi
 26. Freilinger G, Happak W, Burggasser G et al (1990) Histochemical mapping and fiber size analysis of mimic muscles. *Plast Reconstr Surg* 86(3): 422–428
 27. Frühwald F, Millesi W, Balogh B et al (1987) Klinische Bedeutung der sonographischen Analyse der mimischen Muskulatur. In: Hansmann M, Koischwitz D, Lutz H et al (eds.) *Ultraschalldiagnostik '86*. Springer, Berlin - Heidelberg, pp. 603–606
 28. Frühwald F, Balogh B, Millesi W et al (1987) Sonoanatomie der mimischen Muskulatur und Vergleich des Darstellungsumfanges mit CT und UR. In: Hansmann M, Koischwitz D, Lutz H et al (eds.) *Ultraschalldiagnostik '86*. Springer, Berlin - Heidelberg, pp. 600–602
 29. Gupta A, Singh H (2014) Granulomatous cheilitis: Successful treatment of two recalcitrant cases with combination drug therapy. *Case Rep Dermatol Med* 2014: 1–4 doi.org/10.1155/2014/509262
 30. Heckler F R, Oesterle L G, Jabaley M E (1979) The minimal cleft lip revisited: clinical and anatomic correlations. *Cleft Palate J* 16(3): 240–247
 31. Henke W (1876) Die oberen und unteren Muskeln der Lippen. *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte* 1: 107–120
 32. Henle J (1871) *Handbuch der Muskellehre des Menschen*, 2nd ed. Vieweg, Braunschweig, pp. 153-173
 33. Hofer M (2012) *Sono Grundkurs*, 7th ed. Thieme, Stuttgart, pp. 6-9
 34. Hwang K, Kim D J, Hwang S H (2007) Musculature of the pars marginalis of the upper orbicularis oris muscle. *J Craniofac Surg* 18(1): 151–154
 35. Jiang G-h, Yan J-h, Lin C-l et al (2008) Anatomic study of the facial artery using multislice spiral CT angiography. *Nan fang yi ke da xue xue bao (Journal of Southern Medical University)* 28(3): 457–459
 36. Kim D W, Chung S-W, Jung H-D et al (2015) Prenatal ultrasonographic diagnosis of cleft lip with or without cleft palate; pitfalls and considerations. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 37(1): 24 doi.org/10.1186/s40902-015-0019-z
 37. Korte C L de, van Hees N J, Huyskens R W et al (18-21 Sept. 2005) Elastography of healthy and reconstructed cleft lip. In: *IEEE Ultrasonics Symposium*, 2005, pp. 40–43
 38. Korte C L de, van Hees N, Lopata R G P et al (2009) Quantitative assessment of oral orbicular muscle deformation after cleft lip reconstruction: An

- ultrasound elastography study. *IEEE Trans Med Imaging* 28(8): 1217–1222
39. Kumar T V A, Kuriakose S (2004) Ultrasonographic evaluation of effectiveness of circumoral muscle exercises in adenotonsillectomized children. *J Clin Pediatr Dent* 29(1): 49–55
 40. Lefarth F L, Prescher A, Angerstein W (2014) Vergleichende sonographische und histomorphologische Untersuchungen der Lippen. *HNO* 62(12): 879–885
 41. Lefarth F, Angerstein W (2013) Sonografische Diagnostik von Narbengewebe im Musculus orbicularis oris. *forum HNO* 15(5): 187–192
 42. Lightoller G H S (1925) Facial Muscles. *J Anat* 60(1): 1–85
 43. Llobet J R I (2005) New tools for the assesment of the embouchure´s biomechanics. *ITG Journal* 29(5): 51-53, 81
 44. Lorenzen J, Sinkus R, Adam G (2003) Elastographie. *Fortschr Röntgenstr* 175(5): 623–630
 45. Mağden O, Edizer M, Atabey A et al (2004) Cadaveric study of the arterial anatomy of the upper lip. *Plast Reconstr Surg* 114(2): 355–359
 46. Makielski K H (2004) Cross section of the lips. In: Larrabee W F, Makielski K H, Henderson J L (eds.) *Surgical anatomy of the face*, 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, pp. 102;183
 47. Malgaigne J F (1842) *Abhandlung der chirurgischen Anatomie und experimentalen Chirurgie*. J. G. Calve`sche Buchhandlung, Prag, pp. 336-348
 48. Marazita M L (2007) Subclinical features in non-syndromic cleft lip with or without cleft palate (CL/P): review of the evidence that subepithelial orbicularis oris muscle defects are part of an expanded phenotype for CL/P. *Orthod Craniofac Res* 10(2): 82–87
 49. Martin R A, Jones K L, Benirschke K (1993) Extension of the cleft lip phenotype. *Am J Med Genet* 47(5): 744–747
 50. Martin R A, Hunter V, Neufeld-Kaiser W et al (2000) Ultrasonographic detection of orbicularis oris defects in first degree relatives of isolated cleft lip patients. *Am J Med Genet* 90(2): 155–161
 51. Mastroiacovo P, Maraschini A, Leoncini E et al (2011) Prevalence at birth of cleft lip with or without cleft palate: data from the International Perinatal Database of Typical Oral Clefts (IPDTC). *Cleft Palate Craniofac J* 48(1): 66–81
 52. Masuoka H (2017) The visualization of the functional structure of the crossing fibers of the orbicularis oris muscle using ultrasound. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 5(5): e1331 doi.org/10.1097/GOX.0000000000001331
 53. Matic D B, Power S M (2011) Correction of the cleft lip lateral bulge deformity using anatomic muscle repair. *J Craniofac Surg* 22(2): 514–519
 54. McAlister R W, Harkness E M, Nicoll J J (1998) An ultrasound investigation of the lip levator musculature. *Eur J Orthod* 20(6): 713–720
 55. Merkel K L (1863) *Anatomie und Physiologie des menschlichen Stimm- und Sprach-Organen (Anthropophonik)*. Verlag von Ambrosius Abel, Leipzig, pp. 248-264
 56. Methfessel G (1995) Die Bedeutung von Form und Funktion im Kiefer-Gesichtsbereich für das Blasinstrument. In: Wagner C (ed.) *Medizinische Probleme bei Instrumentalisten*. Laaber-Verlag, Laaber, pp. 209–221
 57. Mittal M, Maheshwari N, Ahlawat K et al (2012) Detection of orbicularis oris muscle defects in first degree relatives of cleft lip children using ultrasound. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 30(3): 237
 58. Munshi A K, Hegde A M, Srinath S K (2000) Ultrasonographic and

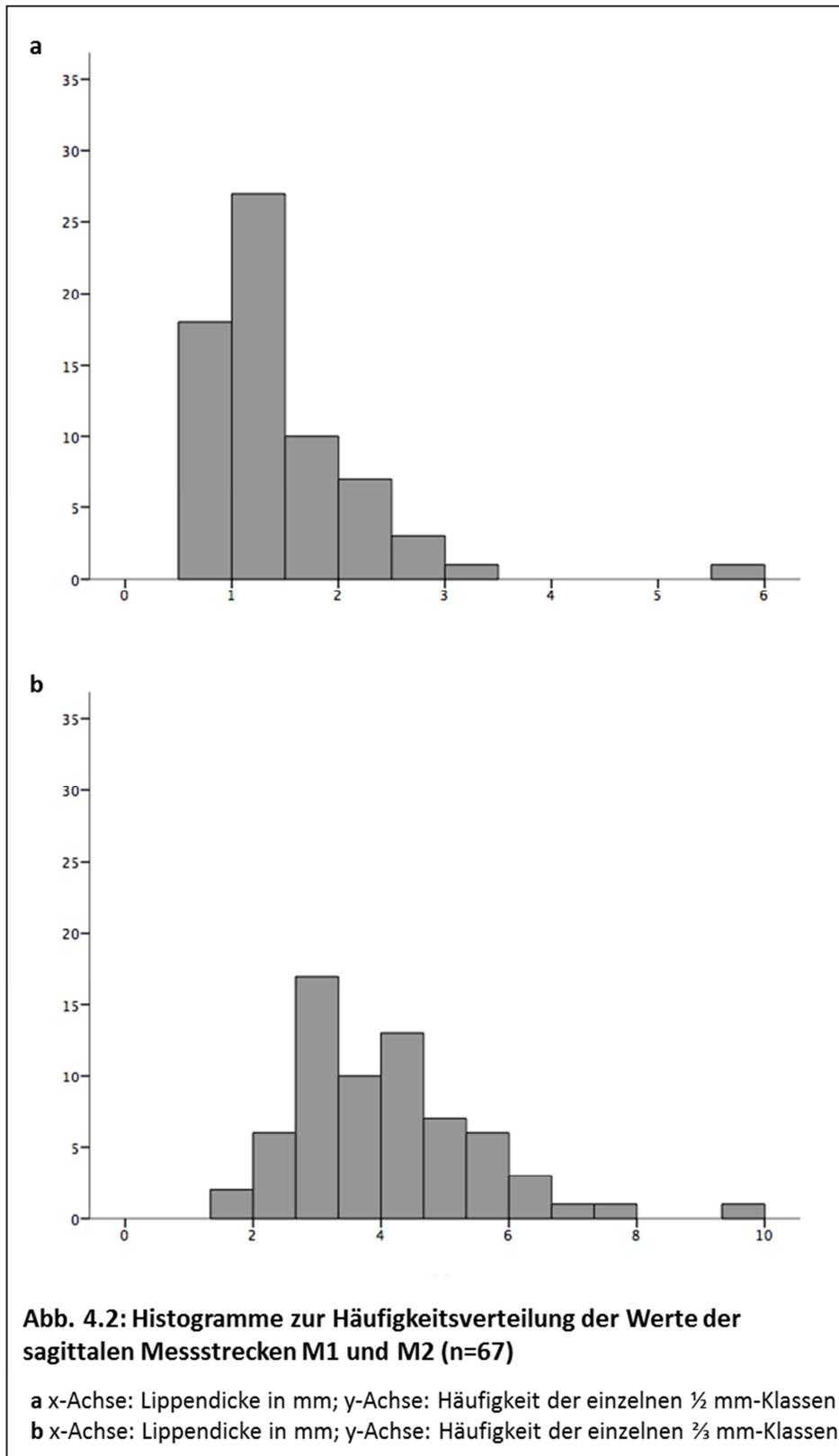
- electromyographic evaluation of the labial musculature in children with repaired cleft lips. *J Clin Pediatr Dent* 24(2): 123–128
59. Nairn R I (1975) The circumoral musculature. *Br Dent J* 138(2): 49–56
 60. Neiswanger K, Weinberg S M, Rogers C R et al (2007) Orbicularis oris muscle defects as an expanded phenotypic feature in nonsyndromic cleft lip with or without cleft palate. *Am J Med Genet A* 143A(11): 1143–1149
 61. Nicolau P J (1983) The orbicularis oris muscle: A functional approach to its repair in the cleft lip. *Br J Plast Surg* 36(2): 141–153
 62. Ophir J, Cespedes I, Ponnekanti H et al (1991) Elastography: A quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging* 13(2): 111–134
 63. Paparo F, Corradi F, Cevasco L et al (2014) Real-time elastography in the assessment of liver fibrosis: a review of qualitative and semi-quantitative methods for elastogram analysis. *Ultrasound Med Biol* 40(9): 1923–1933
 64. Papsin B C, Maaske L A, McGrail J S (1996) Orbicularis oris muscle injury in brass players. *Laryngoscope* 106(6): 757–760
 65. Park C G, Ha B (1995) The importance of accurate repair of the orbicularis oris muscle in the correction of unilateral cleft lip. *Plast Reconstr Surg* 96(4): 780–788
 66. Parma C. (1961) Berufsschäden im Bereiche der Mundhöhle. *Dtsch Zahnärztl Z* 16: 873–882
 67. Paternoga S (2005) Orchestermusikerinnen; Frauenanteile an den Musikhochschulen und in den Kulturorchestern. *Das Orchester* 53(5): 8–14
 68. Pennisi V R, Shadish W R, Klabunde E H (1969) Orbicularis oris muscle in the cleft lip repair. *Cleft Palate J* 6(1): 141–153
 69. Pensler J M, Ward J W, Parry S W (1985) The superficial musculoaponeurotic system in the upper lip: An anatomic study in cadavers. *Plast Reconstr Surg* 75(4): 488–494
 70. Planas J (1982) Rupture of the orbicularis oris in trumpet players (Satchmo's syndrome). *Plast Reconstr Surg* 69(4): 690–693
 71. Planas J (1988) Further experience with rupture of the orbicularis oris in trumpet players. *Plast Reconstr Surg* 81(6): 975–981
 72. Power S M, Matic D B, Zhong T et al (2010) Definition of the lateral bulge deformity after primary cleft lip repair using real-time high-resolution ultrasound. *J Craniofac Surg* 21(5): 1493–1499
 73. Prabhu N T, Munshi A K (1995) Ultrasonographic observation of the circumoral musculature: an in-vivo study. *J Clin Pediatr Dent* 19(3): 195–203
 74. Quick H H (2011) „1,5T, 3T, 7T ...: Ab wieviel Tesla wird es im MRT gefährlich?“. *Fortschr Röntgenstr* 183 doi.org/10.1055/s-0031-1278774
 75. Rangdhol R V, Madhulika N, Dany A et al (2014) Idiopathic orofacial granulomatosis - a diagnostic and treatment challenge. *J Clin Diagn Res* 8(11): 7–10
 76. Ranta R (1988) Minimal cleft lip. Comparison of associated abnormalities. *Int J Oral Maxillofac Surg* 17(3): 183–185
 77. Rasheed S A, Munshi A K (1996) Electromyographic and ultrasonographic evaluation of the circum-oral musculature in children. *J Clin Pediatr Dent* 20(4): 305–311
 78. Razali N M, Wah Y B (2011) Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics (JOSMA)* 2(1): 21–33

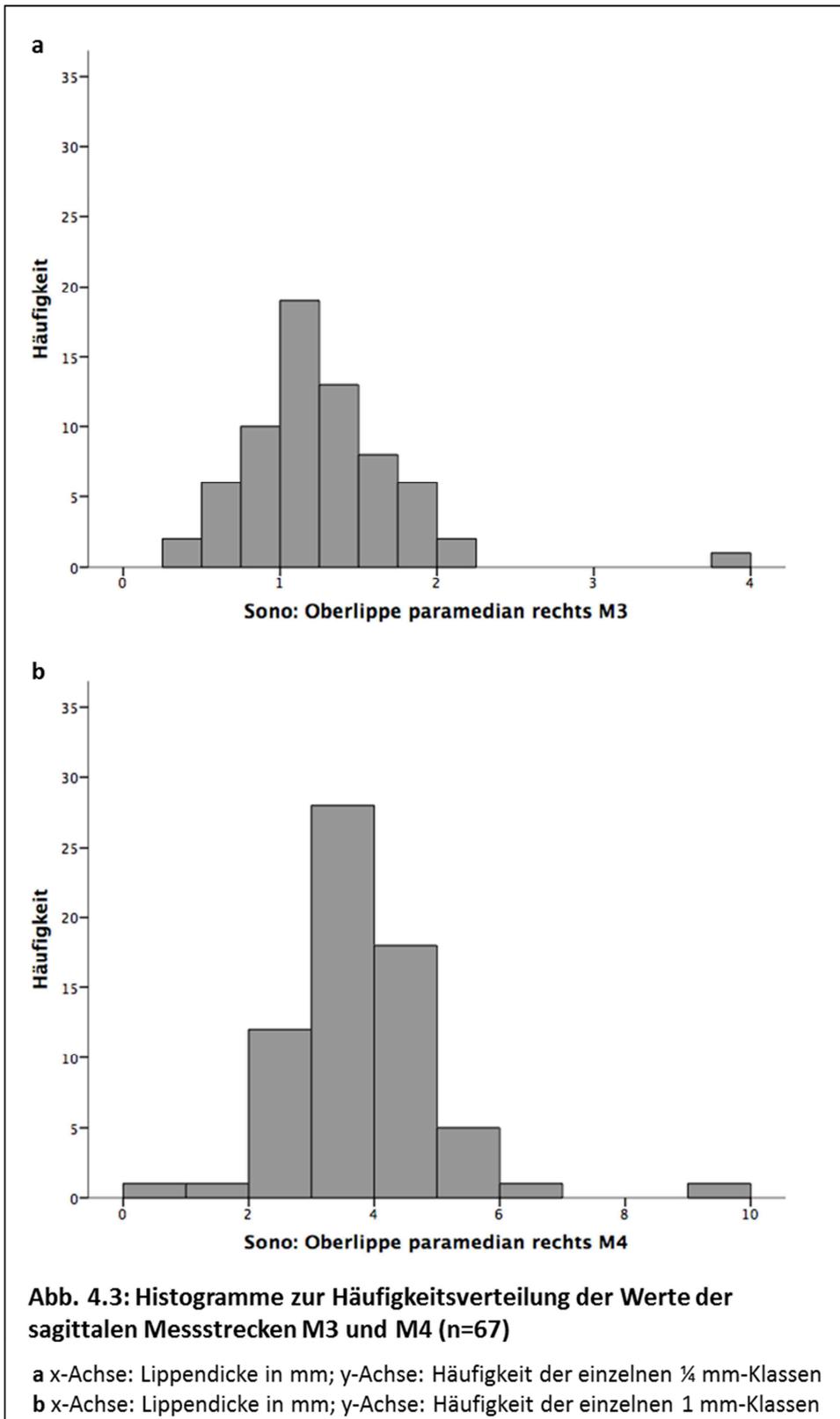
79. Ridgway E B, Estroff J A, Mulliken J B (2011) Thickness of orbicularis oris muscle in unilateral cleft lip. *J Craniofac Surg* 22(5): 1822–1826
80. Rogers C R, Weinberg S M, Smith T D et al (2008) Anatomical basis for apparent subepithelial cleft lip: A histological and ultrasonographic survey of the orbicularis oris muscle. *Cleft Palate Craniofac J* 45(5): 518–524
81. Rosenstein P (2005) Trumpet playing and dentistry: An historical perspective. *ITG Journal* 29(5): 64–65
82. Roy J P (1890) *Le muscle orbiculaire des lèvres*. Impr. Vve Cadoret, Bordeaux, pp. 21-66
83. Sader R ed. (2001) *Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik im Kopf-Hals-Bereich*. Einhorn-Press-Verl., Reinbek, pp. 20-60
84. Santorini G D (1724) *Observationes anatomicæ*. Recurti, Venedig, pp. 243-245
85. Shiina T, Nitta N, Ueno E et al (2002) Real time tissue elasticity imaging using the combined autocorrelation method. *J Med Ultrason* 29(3): 119–128
86. Sullivan W G (1989) Repair of ruptured orbicularis oris in trumpet players. *Plast Reconstr Surg* 83(3): 578
87. Thijssen J M, van Hees N J, Weijers G G et al (2006) Acoustic properties of healthy and reconstructed cleft lip. *Proc. SPIE 6147, Medical Imaging 2006: Ultrasonic Imaging and Signal Processing: 61470G-1 – 61470G-7*
doi.org/10.1117/12.653608
88. van Hees N J M, Thijssen J M, Huyskens R W et al (2007) Letter to the Editor. *Cleft Palate Craniofac J* 44(6): 685
89. van Hees N J M, Thijssen J M, Huyskens R W et al (2007) Quantitative ultrasound imaging of healthy and reconstructed cleft lip: A feasibility study. *Cleft Palate Craniofac J* 44(3): 261–268
90. Velpeau A (1826) *Abhandlung der chirurgischen Anatomie*. Landes-Industrie-Comptoir, Weimar, pp. 115-122
91. Vent J, Lefarth F, Massing T et al (2014) Do you know where your fillers go? *Clin Cosmet Investig Dermatol* 7: 191
92. Vinkka-Puhakka H, Kean M R, Heap S W (1989) Ultrasonic investigation of the circumoral musculature. *J Anat* 166: 121–133
93. Volk G, Pohlmann M, Finkensieper M et al (2014) 3D-Ultrasonography for evaluation of facial muscles in patients with chronic facial palsy or defective healing. *BMC Ear Nose Throat Disord* 14(1): 4
94. Volk G F, Wystub N, Pohlmann M et al (2013) Quantitative ultrasonography of facial muscles. *Muscle Nerve* 47(6): 878–883
95. Volk G F, Pohlmann M, Sauer M et al (2014) Quantitative ultrasonography of facial muscles in patients with chronic facial palsy. *Muscle Nerve* 50(3): 358–365
96. Weinberg S M, Neiswanger K, Martin R A et al (2006) The Pittsburgh Oral-Facial Cleft study: Expanding the cleft phenotype. Background and justification. *Cleft Palate Craniofac J* 43(1): 7–20
97. Weinberg S M, Neiswanger K, Marazita M L (2007) The use of ultrasound to visualize the upper lips of noncleft and repaired-cleft individuals. *Cleft Palate Craniofac J* 44(6): 683-4; author reply 685
98. Weinberg S M, Brandon C A, McHenry T H et al (2008) Rethinking isolated cleft palate: Evidence of occult lip defects in a subset of cases. *Am J Med Genet* 146(13): 1670–1675
99. Welkoborsky H-J (2013) *Ultraschalldiagnostik Kopf-Hals*. Thieme, Stuttgart, pp.

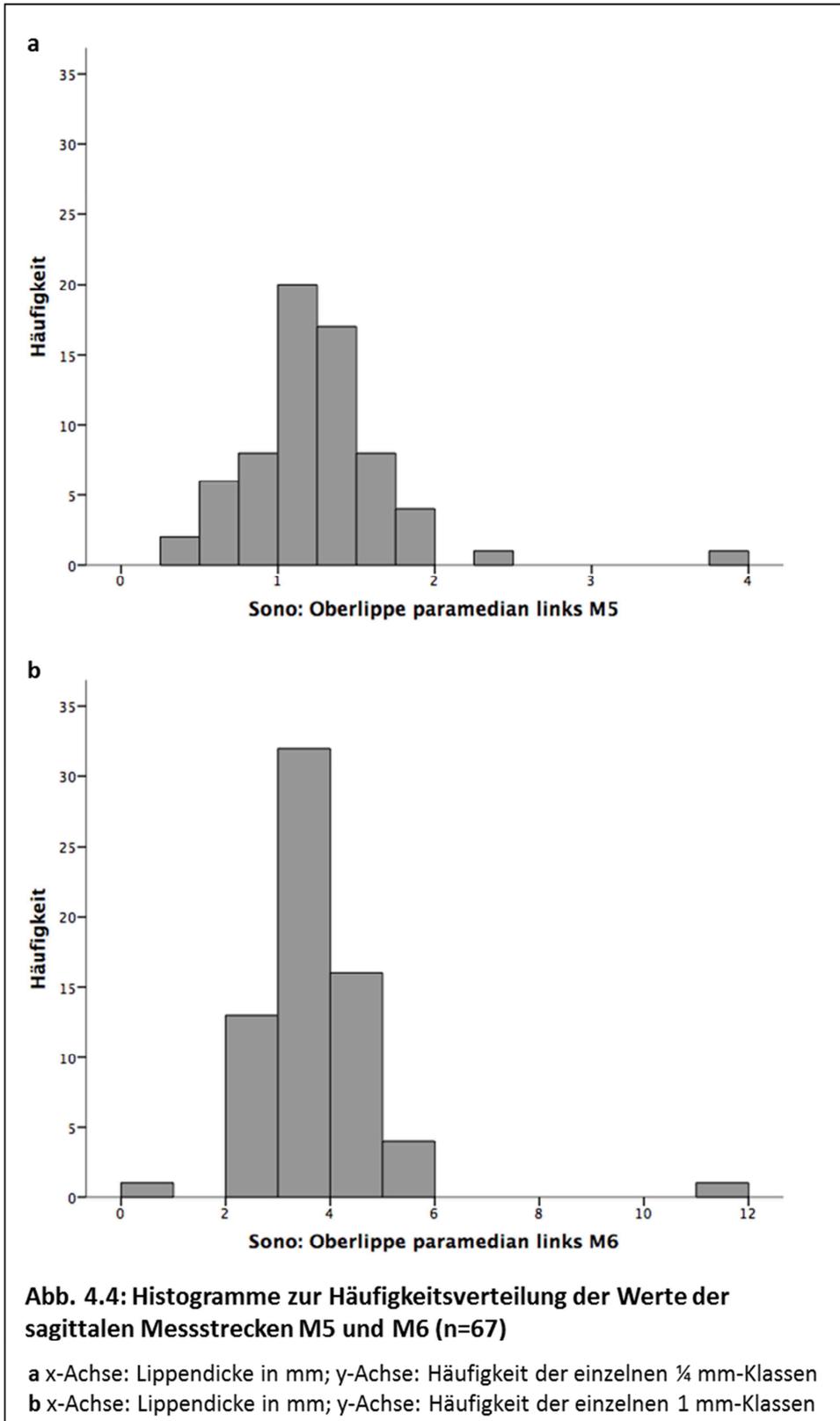
19-31

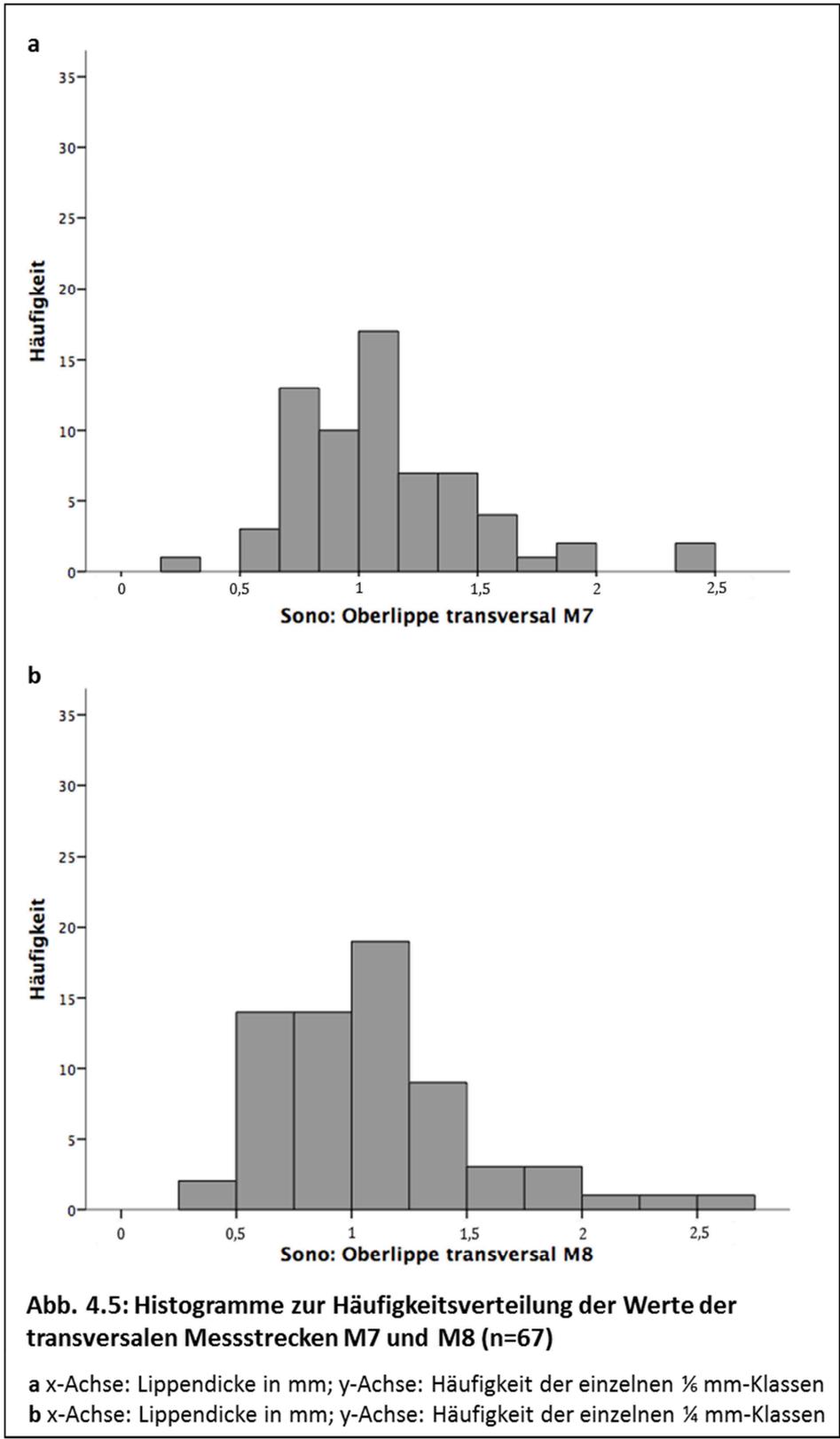
100. Winslow J B (1732) Exposition anatomique de la structure du corps humain, par Jacques-Benigne Winslow, de l'Academie Royale des Sciences. Chez Guillaume Desprez, imprimeur & libraire ordinaire du Roi, et Jean Desessartz, libraire, rue Saint Jacques a S. Prosper, & aux trois vertus, Paris, pp. 721-725
101. Wong J Y, Oh A K, Ohta E et al (2008) Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *Cleft Palate Craniofac J* 45(3): 232–239
102. Wortsman X, Calderón P, Arellano J et al (2009) High-resolution color doppler ultrasound of a caliber-persistent artery of the lip, a simulator variant of dermatologic disease. *Int J Dermatol* 48(8): 830–833
103. Zhang W-H, Chen Y-Y, Liu J-J et al (2015) Application of ultrasound imaging of upper lip orbicularis oris muscle. *Int J Clin Exp Med* 8(3): 3391–3400
104. Zins J E, Gordon C R (2014) Handbook of craniomaxillofacial surgery. World Scientific Pub. Co, Singapore - Hackensack N.J., p. 281

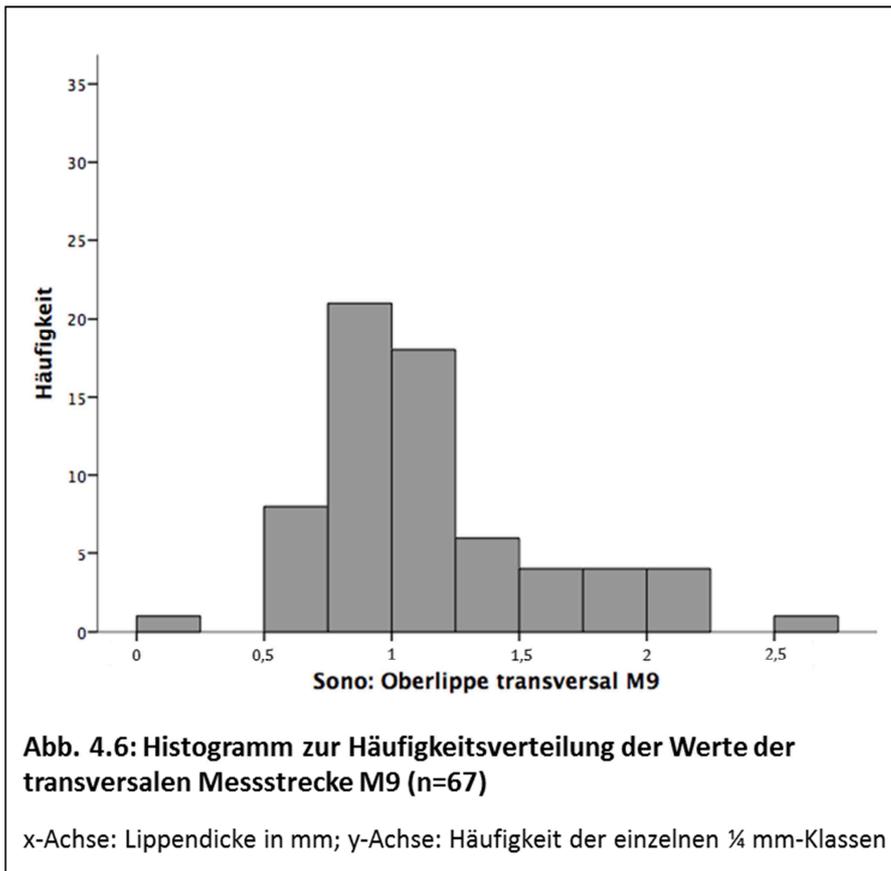
7 Anhang

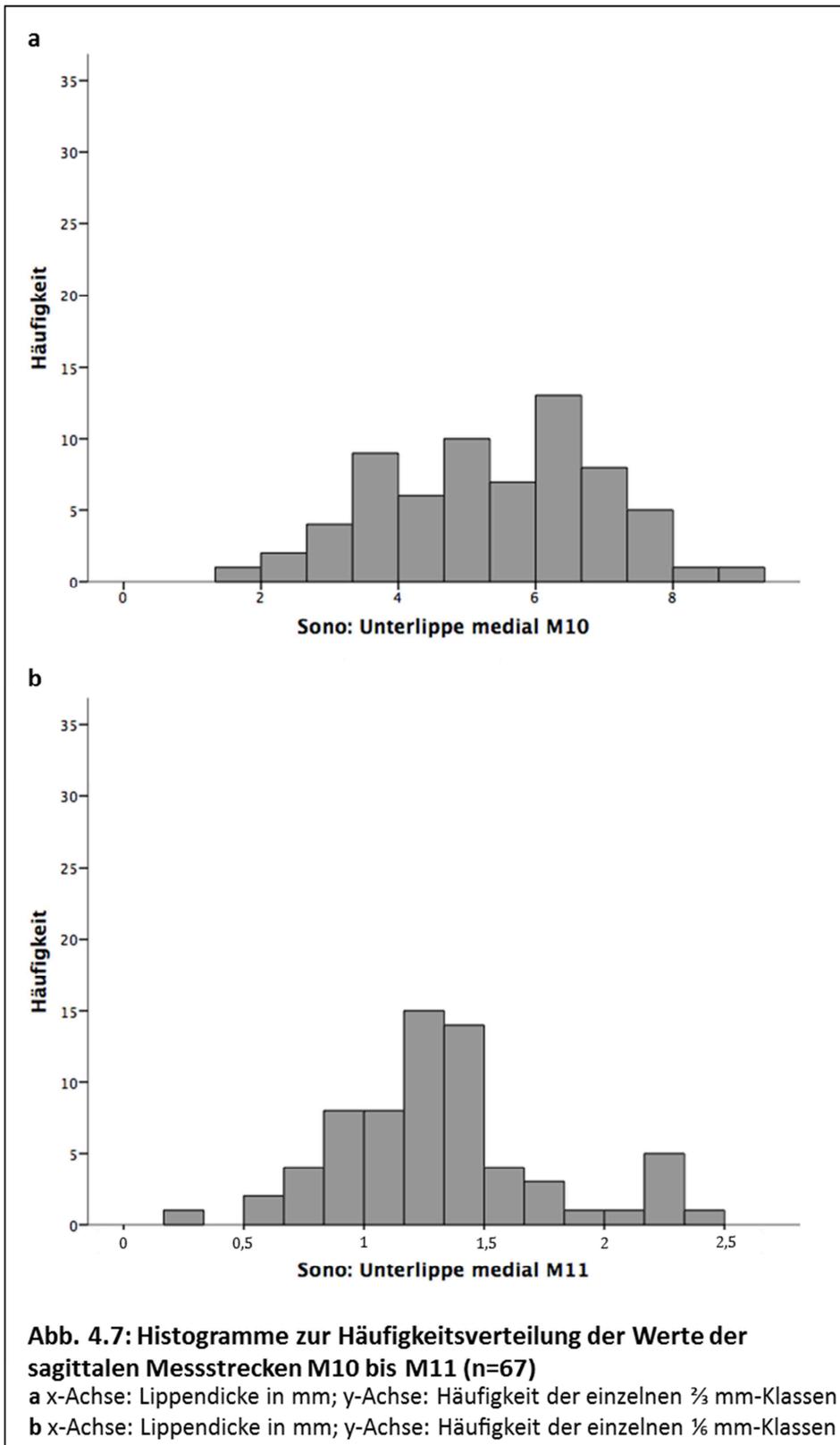


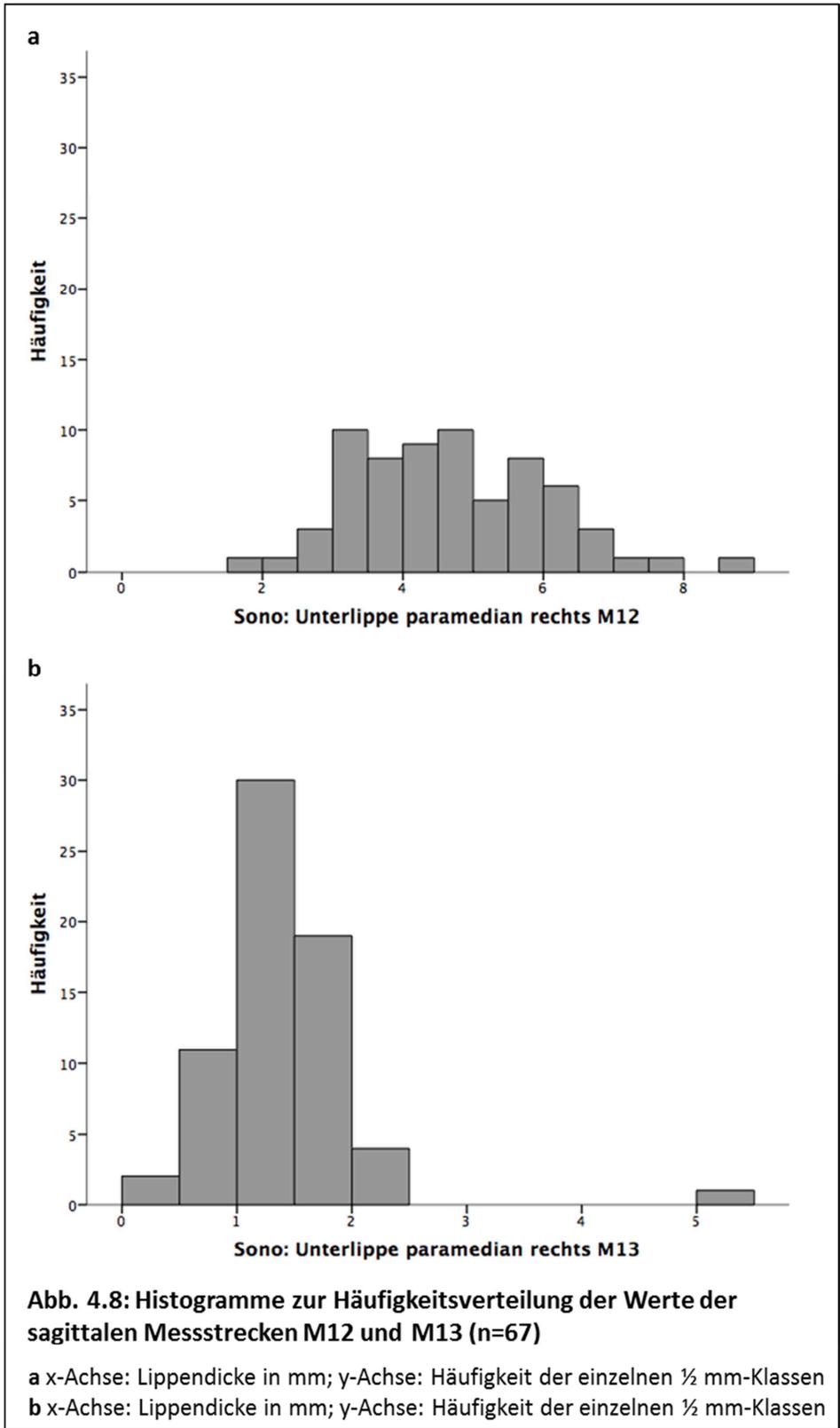


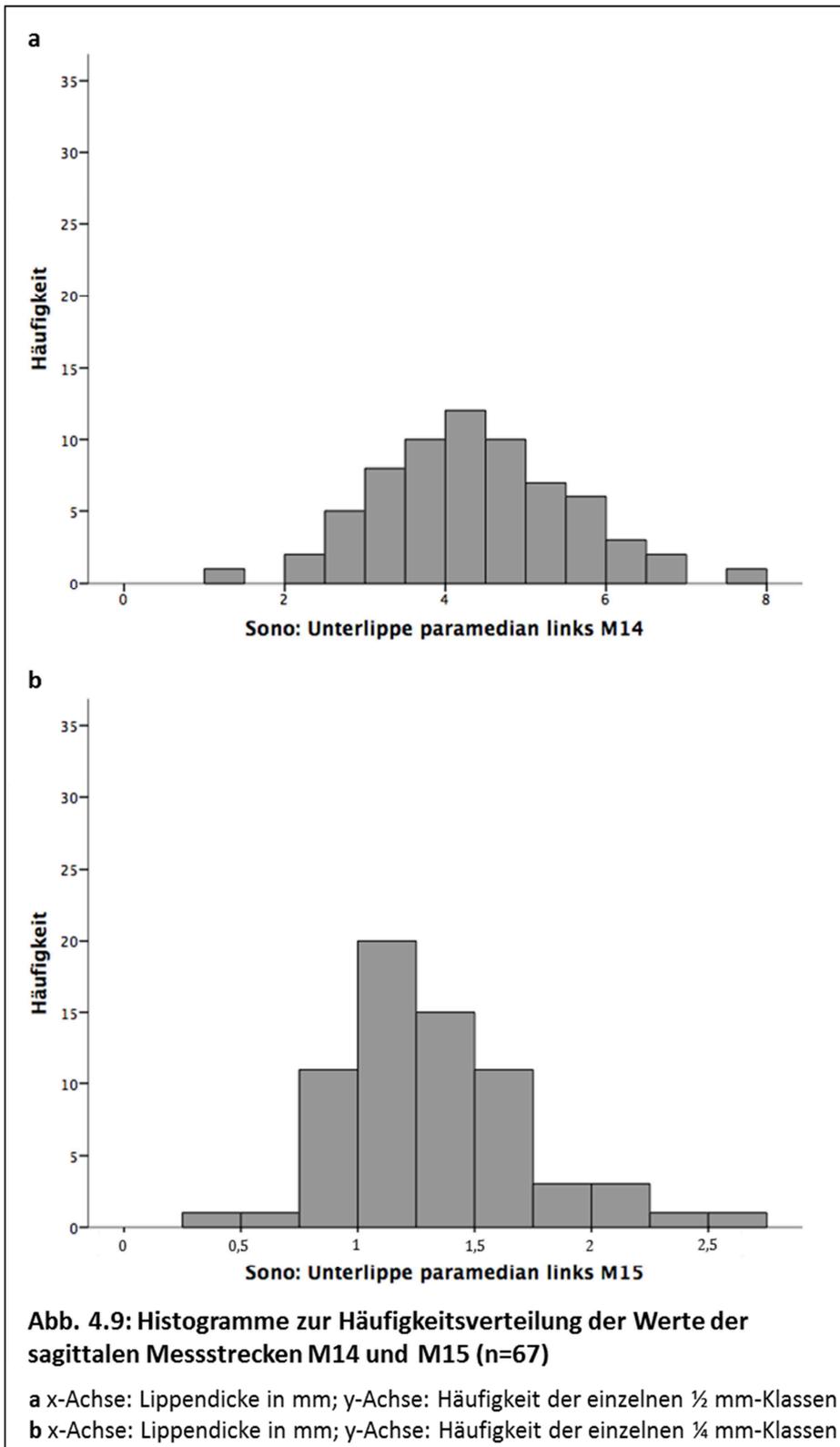


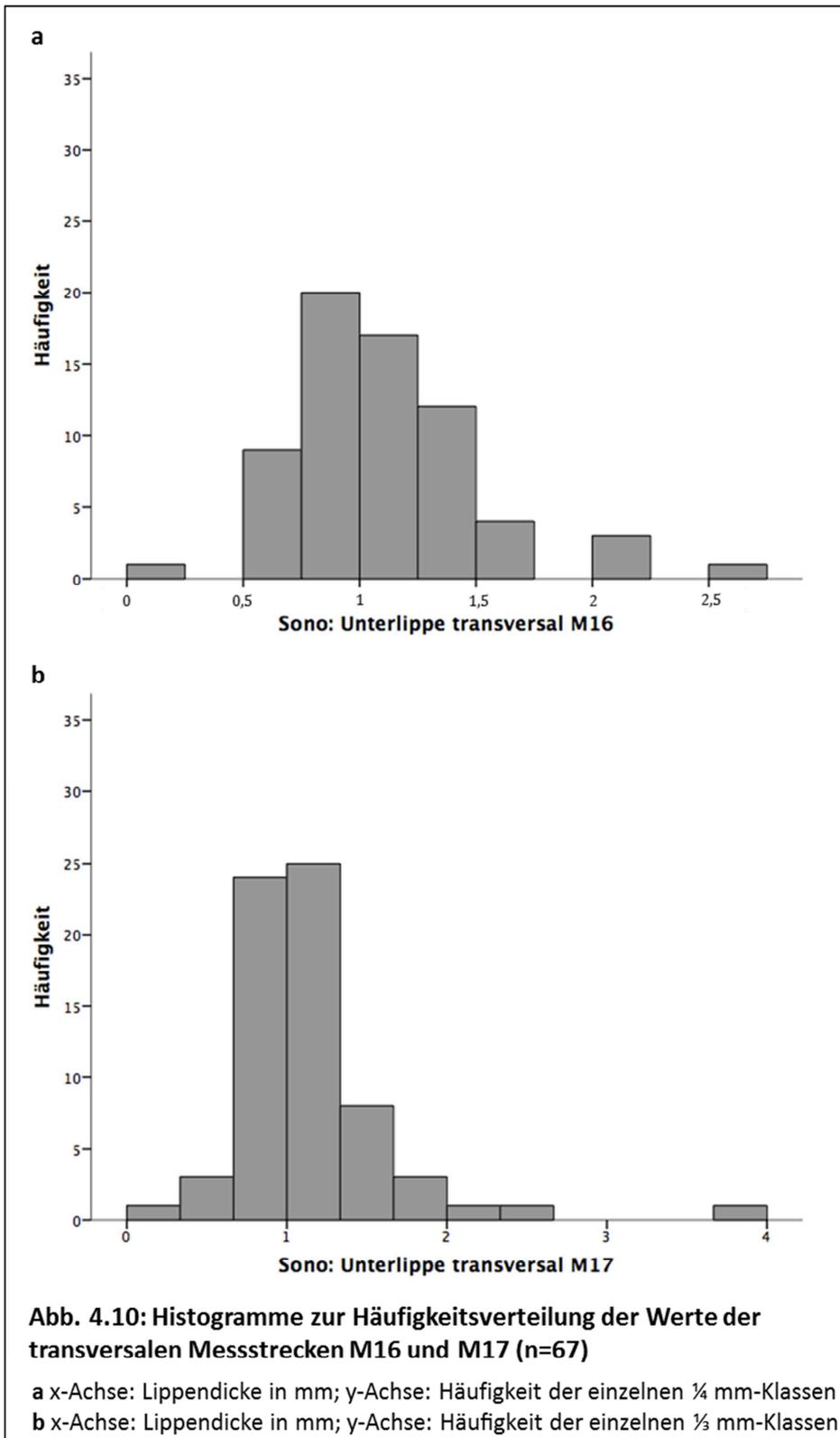


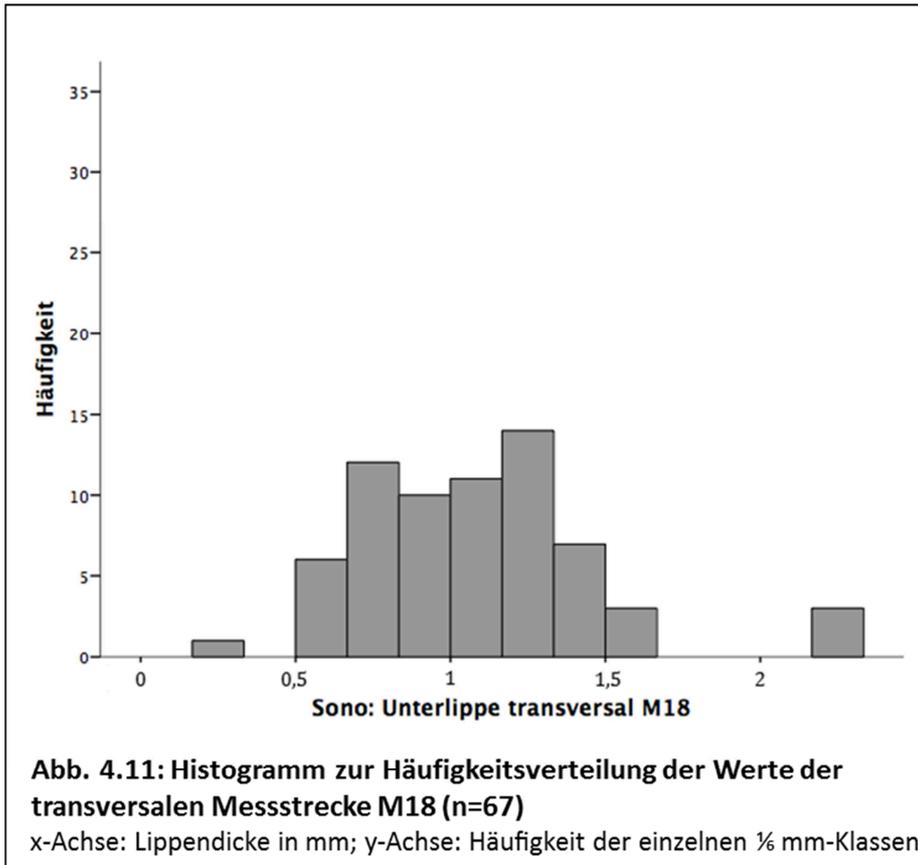












Rohdaten

IdentNr	Geburtstag	Alter	Blech- bläser	Geschlecht	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
20120312008	02.05.1963	49	nein	Frau	0,971	3,209	1,085	3,980	1,101	3,560	1,158	0,691	0,693	6,468	1,481	3,410	1,611	4,416	1,739	2,020	1,383	1,352
20120315001	04.01.1963	48	ja	Mann	1,271	3,420	2,093	4,626	1,910	5,277	1,142	1,960	2,034	5,723	1,530	4,968	1,269	4,851	1,716	0,975	0,896	0,718
20120305002	08.23.1985	26	ja	Mann	2,819	5,939	1,344	5,261	1,568	4,537	1,743	2,295	1,848	4,520	1,307	5,346	1,683	3,937	1,456	1,292	2,353	1,399
20120309001	04.07.1976	35	ja	Frau	1,082	4,244	1,869	4,813	1,493	4,776	1,909	1,791	1,791	6,346	1,014	6,050	1,568	5,670	1,195	1,014	1,232	0,896
20120308002	12.17.1984	27	ja	Frau	1,570	5,435	1,319	4,679	1,381	4,739	1,280	1,118	1,315	5,816	1,972	4,141	1,445	3,653	1,723	1,154	1,112	1,315
20120316009	11.01.1967	44	ja	Frau	0,859	2,811	1,307	2,989	1,348	2,976	0,784	0,616	1,127	3,929	0,988	3,252	1,435	3,587	1,196	0,806	0,765	0,982
20120305001	12.01.1963	48	ja	Mann	1,385	3,028	1,157	4,626	1,383	4,079	1,010	0,634	0,750	6,219	1,277	4,517	1,055	3,453	1,162	0,784	0,524	1,159
20120313009	12.19.1955	56	ja	Mann	2,055	3,323	1,755	3,960	1,162	2,650	1,358	1,274	1,274	7,276	1,418	5,897	1,494	4,554	1,430	0,935	0,937	0,989
20120309006	05.04.1987	24	nein	Frau	1,162	3,795	0,750	0,750	0,971	3,476	0,694	0,877	0,648	3,996	1,428	3,699	1,245	2,328	1,068	0,859	0,804	0,678
20120316002	03.06.1956	55	nein	Frau	0,681	2,819	1,160	3,475	0,694	3,190	0,560	0,467	0,541	3,709	0,710	3,469	0,892	4,144	1,061	0,914	1,045	0,709
20120316001	01.19.1951	61	nein	Mann	0,937	3,956	0,676	3,004	0,600	2,816	1,006	0,655	0,756	4,932	0,842	3,918	1,005	4,252	1,287	1,348	1,085	1,160
20120313006	04.07.1936	75	nein	Mann	1,463	3,004	1,307	3,282	1,234	3,994	1,308	1,383	1,162	5,092	1,430	6,846	1,605	3,761	1,082	0,878	1,298	1,082
20120307006	07.10.1964	47	nein	Frau	1,112	3,414	0,921	3,537	0,960	3,052	1,072	0,874	1,152	3,148	0,657	2,650	1,129	5,914	1,758	1,107	1,438	0,716
20120307001	05.24.1958	53	ja	Mann	1,253	3,610	1,502	3,543	1,154	4,369	1,517	1,072	0,795	4,795	1,044	4,373	0,916	5,717	1,356	1,431	1,231	0,635
20120312002	04.15.1988	23	nein	Frau	1,159	3,097	0,823	2,697	0,824	3,485	0,840	0,579	0,826	2,799	0,557	3,220	1,263	2,707	1,010	0,641	0,597	0,831
20120312005	06.13.1976	35	ja	Mann	2,154	4,821	1,689	4,106	1,723	3,772	1,969	1,569	1,166	6,545	1,583	6,276	1,874	6,981	2,240	1,437	1,345	1,288
20120319003	02.01.1977	35	ja	Mann	1,311	5,114	1,768	4,562	1,497	5,075	1,455	1,045	1,157	5,885	1,418	5,935	1,578	4,748	1,332	1,120	1,120	1,352
20120316008	01.23.1953	59	ja	Frau	1,088	4,107	1,245	3,186	1,169	4,190	1,051	1,051	1,196	6,845	1,472	7,306	2,266	6,120	1,736	1,129	1,307	1,157
20120309003	06.04.1952	59	ja	Mann	1,435	4,629	1,791	5,150	1,534	4,595	1,325	1,274	1,162	7,021	1,389	6,793	1,608	4,897	0,858	1,271	0,971	1,269
20120319002	12.17.1938	73	ja	Mann	0,761	2,399	1,232	3,486	1,277	2,466	1,236	1,306	0,784	5,816	1,487	5,037	1,225	4,281	1,537	0,821	0,709	0,673
20120315002	07.25.1989	22	ja	Frau	1,793	5,336	1,288	3,399	1,442	3,211	1,157	1,157	1,399	4,448	1,125	4,249	1,157	3,061	0,896	0,933	0,934	1,231
20120313004	11.10.1975	36	ja	Mann	2,056	5,061	1,985	3,367	2,283	4,251	1,571	1,010	1,605	6,269	2,205	5,207	2,607	4,739	2,315	1,083	1,343	1,345
20120305004	08.20.1992	19	ja	Mann	3,316	9,577	3,885	9,993	3,867	11,043	2,466	2,539	2,546	9,069	2,303	7,552	1,520	7,724	2,107	1,548	3,874	1,658
20120316006	07.01.1949	62	ja	Frau	1,679	2,916	0,940	2,693	0,933	2,470	0,828	0,611	0,684	2,510	1,381	2,961	0,811	2,471	0,974	2,015	2,176	2,328
20120312007	07.18.1959	52	ja	Frau	1,271	3,396	1,381	3,784	1,643	3,471	1,348	1,194	1,172	6,161	1,686	4,115	1,686	4,808	2,207	1,725	1,100	0,826
20120309002	11.15.1982	29	nein	Mann	1,088	2,792	1,626	3,695	1,194	4,516	0,962	1,269	1,010	6,999	2,209	6,120	1,068	4,554	1,463	1,504	1,125	1,082
20120302004	05.31.1966	45	nein	Frau	0,691	2,053	0,468	2,389	0,374	2,409	0,653	0,954	0,820	2,335	0,736	2,090	0,479	2,695	0,870	1,418	1,196	1,308
20120313007	03.05.1989	22	nein	Frau	0,973	2,352	0,934	2,693	1,047	2,426	0,934	1,306	1,176	3,536	1,269	3,251	1,245	2,613	1,135	1,235	1,083	1,306
20120316004	05.19.1970	41	nein	Mann	1,838	4,555	1,791	4,689	1,420	3,626	1,008	1,381	1,303	6,014	2,180	4,654	1,637	4,193	1,983	2,622	1,611	1,534
20120313008	02.10.1986	25	nein	Mann	2,053	7,520	1,530	5,788	1,903	3,773	2,085	1,045	0,861	7,558	1,209	6,349	1,568	5,153	1,007	0,542	0,822	0,786
20120306003	06.16.1956	55	ja	Mann	0,529	1,936	0,394	1,490	0,490	0,972	0,279	0,269	0,222	1,946	0,311	1,635	0,404	1,327	0,259	0,140	0,212	0,269
20120314002	08.07.1981	30	nein	Frau	0,758	2,829	0,878	2,866	0,804	2,085	0,859	0,784	1,119	3,800	1,274	4,908	0,973	4,831	0,982	1,457	1,234	1,541
20120315006	12.01.1969	42	nein	Mann	1,344	6,203	1,571	4,683	1,478	4,834	0,767	0,861	7,831	0,973	8,608	1,589	5,113	1,157	1,055	0,710	1,185	
20120309007	10.17.1934	77	nein	Frau	0,982	2,277	0,792	2,976	0,746	2,477	0,639	0,673	0,828	5,670	1,541	4,459	1,731	4,530	1,749	1,295	1,162	1,199
20120312007	08.04.1993	18	nein	Mann	2,058	6,056	1,463	3,936	1,493	3,321	1,088	1,679	2,060	5,176	1,637	3,995	1,389	3,939	0,897	1,422	1,757	1,199
20120305005	01.04.1957	55	ja	Mann	2,351	6,673	1,177	4,484	1,537	4,655	1,065	1,121	1,065	6,112	1,354	5,719	1,860	5,415	1,243	0,786	0,786	0,730
20120316007	08.19.1944	67	ja	Mann	1,092	4,998	1,314	4,329	1,277	4,618	1,051	0,971	0,756	5,305	1,051	4,666	1,119	5,522	1,240	1,620	1,797	2,276
20120315003	03.12.1984	27	nein	Mann	1,085	5,726	1,343	5,635	1,752	3,258	1,069	1,028	0,859	6,128	1,676	4,933	1,108	4,877	0,963	0,981	0,691	1,194
20120308003	05.17.1959	52	ja	Mann	0,805	3,993	1,162	4,382	1,088	3,248	0,755	0,746	0,822	4,818	1,045	3,558	1,452	3,110	1,470	1,122	0,940	1,120
20120319006	01.10.1976	36	nein	Frau	0,691	2,666	1,196	3,186	0,787	2,688	1,010	0,877	1,008	3,433	1,245	3,969	0,933	3,172	1,122	1,111	1,177	1,194
20120312001	08.29.1987	24	nein	Frau	1,232	3,305	1,046	3,457	1,029	2,540	0,887	0,914	0,747	5,095	0,766	4,534	0,952	3,649	1,176	0,956	0,934	0,874
20120313005	07.02.1960	51	nein	Mann	1,906	5,319	2,209	6,294	1,947	3,902	1,500	1,120	1,568	5,666	2,498	5,676	1,559	5,088	1,656	1,194	1,122	1,460
20120309006	06.16.1988	23	nein	Mann	1,119	3,589	0,635	2,948	1,083	3,657	0,718	1,045	0,824	3,778	1,196	3,993	1,269	3,022	1,271	0,936	0,896	0,635
20120307002	08.22.1962	49	ja	Mann	0,747	4,494	1,517	4,573	1,154	5,004	1,098	0,758	0,636	4,424	0,993	3,903	1,151	3,572	0,993	0,895	0,953	0,842
20120312004	05.15.1981	30	nein	Frau	0,688	3,079	1,175	2,876	1,331	3,639	0,877	0,802	0,826	4,783	1,234	3,406	0,815	2,937	0,820	1,090	0,672	0,861
20120312003	07.13.1976	35	ja	Mann	1,311	4,180	1,311	3,552	1,234	3,955	0,871	1,606	2,027	6,362	1,739	5,415	1,257	5,139	1,594	0,877	0,915	0,871
20120319005	05.02.1985	26	nein	Frau	1,269	2,836	0,973	2,952	1,045	3,328	0,787	0,635	0,865	4,338	1,322	2,792	0,721	2,948	0,747	0,653	1,045	0,598
20120314001	12.27.1984	27	nein	Frau	1,195	3,288	0,713	2,540	0,660	3,230	0,833	0,747	0,989	4,739	1,240	4,142	1,047	3,358	0,945	0,945	1,045	1,055
20120308005	06.01.1982	29	nein	Mann	2,877	5,486	1,159	3,809	1,368	3,932	1,122	0,787	0,834	8,029	1,418	4,652	1,457	4,496	1,357	1,047	0,899	0,784
20120315008	02.21.1939	73	ja	Mann	1,195	4,129	1,234	4,301	0,784	3,412	0,820	0,917	0,865	5,564	1,467	5,695	2,122	4,250	1,135	0,691	0,804	0,934
20120306001	02.03.1955	57	ja	Mann	2,074	4,257	1,289	3,603	1,512	4,116	1,515	1,177	1,739	6,736	2,107	6,177	2,000	5,304	1,417	1,400	1,472	1,344
20120309004	10.07.1985	26	nein	Mann	0,970	4,092	0,565	3,811	0,709	3,												

Danksagung

Judith, ich danke Dir für deine Liebe, für deine unablässige Unterstützung und für die unzähligen Stunden, die du wegen dieser Arbeit alleine bleiben musstest!

Professor Angerstein, es war mir eine große Ehre, Ihr Doktorand sein zu dürfen. Als ich Sie damals fragte, ob Sie eine Promotionsstelle zu vergeben hätten, wusste ich, dass Sie der Richtige für mein Vorhaben waren – ich habe mich nicht getäuscht. Ich danke Ihnen für all die tollen Erfahrungen und die Erkenntnisse, die wir zusammen gewonnen haben. Sie werden mir immer in wertvoller Erinnerung bleiben und mein Leben bereichern. Ich danke Ihnen aus tiefstem Herzen!

Herzlich danken möchte ich außerdem Herrn Prof. Dr. med. Andreas Prescher in Aachen für seine ausgezeichnete fachliche Unterstützung und seine Hilfe bei der Beschaffung anatomisch-literarischer Raritäten.

Vielen Dank auch an Herrn Dipl. Ing. Thomas Massing für seine tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung unserer Studie und für seine Hilfe, wenn es am PC im Doktorandenraum mal wieder Probleme gab.

Ein weiterer herzlicher Dank geht an Herrn Dipl. Ing. Roland Jorke und Frau Ulla Paaschburg von Hitachi, die uns die Nutzung des Ultraschallgerätes ermöglicht und uns bei der Abstimmung des Equipments beraten haben.

Zu guter Letzt möchte ich auch allen Probanden danken, ohne deren freiwilliges und unentgeltliches Engagement diese Studie gar nicht möglich gewesen wäre!