

Aus der Hals- Nasen- und Ohrenklinik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Selbstständiger Funktionsbereich für Phoniatrie und Pädaudiologie
Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. W. Angerstein

Zungensonographie und Gesichts- Hals- Motorik beim Spielen von Blasinstrumenten

Dissertation

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

vorgelegt von

Annette Zielke

2010

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

gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. W. Angerstein
Koreferentin: Prof. Dr. med. S. Schwarze

Meinen lieben Eltern gewidmet

	Inhaltsverzeichnis	Seite
1.	Einleitung	8
1.1	Anatomisch relevante Aspekte der involvierten Artikulatoren	8
1.1.1	Anatomie der Zunge	8
1.1.2	Anatomie der Gesichts- und Halsmuskulatur	9
1.1.3	Anatomie der Jugularvenen	11
1.1.4	Neuroanatomie der Gesichtsmuskulatur	13
1.2	Funktionell relevante Aspekte der involvierten Artikulatoren	14
1.3	Zungenultraschall	15
1.4	Relevante musikermedizinische Aspekte	16
1.5	Ziele der Arbeit	20
2.	Probanden und Methodik	21
2.1	Probanden	21
2.2	Untersuchungsaufbau	21
2.3	Lungenfunktionsprüfung	23
2.4	Untersuchungsablauf	25
2.5	Auswertungskriterien	28
2.5.1	Auswertung der Ultraschallbilder	28
2.5.2	Auswertung der Anspannung im Gesichts- und Halsbereich	29
2.6	Weitere mögliche Methoden	32
2.7	Subjektive Darstellung der Lautstärke	33
2.8	Statistische Datenanalyse	34
2.8.1	Einflüsse auf Zungenrückenamplituden und orofaciale Anspannung	34
2.8.2	Lautstärke und Artikulation	35
3.	Ergebnisse	36
3.1	Probanden	36
3.1.1	Alters- und Geschlechtsverteilung	36
3.1.2	Instrumentenklassen	36
3.1.3	Lungenfunktion	37
3.1.4	Alters- und Geschlechtsverteilung für die einzelnen Instrumentenklassen	39
3.1.5	Überzeiten	40

3.1.6	Vorerfahrung und Kenntnisstand	42
3.1.7	Zusammenhang zwischen Vorerfahrung und Übezeit	44
3.2	Zungenrückenamplituden	45
3.2.1	Zungenrückenamplituden und Instrumentenklasse	45
3.2.2	Zungenrückenamplituden und Artikulation	47
3.2.3	Zungenrückenamplituden und Lautstärke	49
3.3	Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur	50
3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	53
4.	Diskussion	54
4.1	Probanden	54
4.2	Zungenrückenbewegungen	54
4.3	Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur	57
4.4	Arbeitsmedizinische Aspekte	61
4.4.1	Arbeitsmedizinische und präventive Schlussfolgerungen	66
4.5	Lungenfunktionsprüfungen	66
4.6	Zukünftige Perspektiven und mögliche Entwicklungen	67
5.	Zusammenfassung	71
6.	Literaturverzeichnis	73
7.	Anhang	88
7.1	Fragebogen	88
7.2	Notenblatt	89
8.	Danksagungen	90
9.	Lebenslauf	91

	Tabellenverzeichnis	Seite
2.1	Instrumente der untersuchten Musiker/innen	25
3.1	Ergebnisse der Lungenfunktionstests (jeweils % vom Sollwert)	38
3.2	Alter der Versuchspersonen getrennt nach Geschlecht und Instrumentenklasse	39
3.3	Übezeit der Probanden in Minuten	41
3.4	Vorerfahrung der Probanden mit ihrem Instrument in Jahren	43
3.5	Zungenrückenamplituden in cm bei Spielweise „mezzoforte gestoßen“	45
3.6	Zungenrückenamplituden in cm bei gebundener vs. gestoßener Artikulation im mezzoforte	47
3.7	Zungenrückenamplituden in cm und Lautstärke	49
3.8	Orofaciale Anspannung in der Spielweise „mezzoforte gestoßen“	51

	Abbildungsverzeichnis	Seite
1.1	Anatomie der Gesichts- und Halsmuskulatur (Köpf-Maier 2000)	10
1.2	Topographische Beziehungen der Jugularvenen zum M. sternocleidomastoideus und zum M. omohyoideus (modifiziert nach Lanz et al. 1955)	12
1.3	Motorischer und sensorischer Homunkulus (nach Penfield/Rasmussen 1950)	13
1.4	Vokaltrapez der International Phonetic Association (IPA)	14
2.1	Untersuchungsaufbau	22
2.2	Dokumentierte Gesichts-Hals-Region. Der Pfeil zeigt die Position des Schallkopfes beim Spielen des Instrumentes.	23
2.3	TM-Mode Ultraschall. Links: Zunge in Bewegung beim Spielen der zweiten Tonfolge; rechts: Zunge bei gehaltenem g bewegungslos, sichtbare Nulllinie.	26
2.4	Typisches Ultraschallbild; links B-Mode, rechts TM-Mode	28
2.5	Einrollen der Lippen	30
2.6	Aufblasen der Wangen	30
2.7	Submandibuläres Luftpolster, Stau der V. jugularis externa	31
2.8	Anspannung des M. mentalis (sog. Orangenhautphänomen)	31
3.1	Häufigkeit der einzelnen Instrumente bei insgesamt 38 Probanden	36
3.2	Durchschnittliche Übezeit in Minuten pro Tag bei verschiedenen Instrumentenklassen	42
3.3	Kovariation von Übezeit und Vorerfahrung	44
3.4	Durchschnittliche Zungenrückenamplituden in cm bei verschiedenen Instrumentenklassen	46
3.5	Mittlere Zungenrückenamplituden bei gebundener vs. gestoßener Artikulation in verschiedenen Instrumentenklassen (Lautstärke: mezzoforte)	48
3.6	Mittlere Zungenrückenamplituden bei gestoßener Spielweise verschiedener Instrumentenklassen, jeweils im <i>p</i> , <i>mf</i> und <i>ff</i>	50
3.7	Orofaciale Anspannung bei verschiedenen Instrumentenklassen	52

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit untersucht die Zungenrückenbewegungen sowie die Gesichts- und Halsmotorik beim Spielen von Blasinstrumenten. Sie liegt somit thematisch an der Schnittstelle von Musik und Medizin und möchte einen Beitrag zur Ergonomie der Muskelfunktionen während des Artikulations- und Intonationsprozesses leisten, der einerseits den musikermedizinischen Forschungsstand erweitert und andererseits arbeitsmedizinische Ableitungen für die Prävention spezifischer Bläsererkrankungen zulässt.

1.1 Anatomisch relevante Aspekte der involvierten Artikulatoren

1.1.1 Anatomie der Zunge

Die Zunge ist das am besten bewegliche Organ des menschlichen Körpers, da der Zungenkörper nirgendwo knöchern oder knorpelig aufgehängt bzw. fixiert ist. Die Zunge ist mobil mit folgenden angrenzenden Strukturen verbunden: dem Mandibulum, dem Os hyoideum, der Epiglottis, dem Pharynx und dem Gaumensegel. Die Zungenmuskulatur ist paarig angeordnet und wird in die extrinsische und die intrinsische Muskulatur eingeteilt. (Benninghoff & Drenckhahn 2003; Carpentier & Pajoni 1989; Maniere-Ewan et al. 1993; Shawker et al. 1984)

Der paarig angelegte Aufhängeapparat der Zunge, die extrinsische Muskulatur, stellt die Verbindung des Zungenkörpers zu den o. g. angrenzenden knöchernen Strukturen her und ist für die enorme Beweglichkeit der Zunge verantwortlich. Zu den äußeren Muskeln zählen die folgenden:

1. Der *M. genioglossus* entspringt an der Spina m. genioglossi des Unterkiefers. Er stellt den wichtigsten Zungenmuskel dar und wird durch das Septum linguae mittig durchzogen. Betrachtet man ihn in der Sagittalebene, erreichen seine fächerförmig angeordneten Fasern die Zungenspitze, den Zungenkorpus, die Zungenbasis und das Os hyoideum, auf dessen Korpus sie ansetzen. Die vorderen Fasern dieses Muskels senken die Zungenspitze, die hinteren Fasern ziehen die Zunge nach vorne.
2. Der *M. hyoglossus* setzt am Os hyoideum an. Seine schrägen oberen und vorderen Fasern sind vom *M. genioglossus* durchzogen. Der *M. hyoglossus* senkt die Zunge und zieht sie zurück.

3. Der *M. chondroglossus* ist ein schlankes Muskelbündel, welches zur Zungenspitze zieht.
4. Der *M. styloglossus* ist der einzige Muskel, der die Zunge mit der Schädelbasis verbindet. Er entspringt am Proc. styloideus und strahlt in den Seitenrand der Zunge aus. Seine Fasern vereinigen sich mit denen des *M. hyoglossus*. Dieser Muskel hebt den Zungengrund und zieht ihn gleichzeitig nach hinten. Zusätzlich festigt er den lateralen Teil der Zunge.
5. Der *M. palatoglossus* bildet die Verbindung zwischen dem Gaumensegel und der Zunge. Er bildet die muskuläre Grundlage für den vorderen Gaumenbogen. Dieser Muskel hebt den Zungenkörper und senkt das Gaumensegel. (Benninghoff & Drenckhahn 2003; Carpentier & Pajoni. 1989)

Die intrinsische Muskulatur organisiert sich in sagittal, transversal und vertikal angeordnete Fasergruppen. Wenn sie sich kontrahieren, modifizieren diese Fasern die Kontur und Gestalt der Zunge und gewährleisten somit ihre außerordentliche Verformbarkeit. Die Binnenmuskulatur besteht aus folgenden Muskeln mit jeweils spezifischer Funktion:

1. Der *M. longitudinalis superior* ist der stärkste intrinsische Muskel. Er verkürzt die Zunge bei Erhöhung der Zungenseiten bzw. der -spitze.
2. Der *M. longitudinalis inferior* zieht die Zungenspitze zurück.
3. Der *M. transversus linguae* verschmälert die Zunge bei Seitenanhebung.
4. Der *M. verticalis linguae* verbreitert bzw. verflacht die Zunge. (Benninghoff & Drenckhahn 2003; Carpentier & Pajoni 1989)

Die Außen- und Binnenmuskeln werden motorisch vom N. hypoglossus innerviert. Eine Ausnahme stellt der *M. palatoglossus* dar, er wird vom N. glossopharyngeus motorisch versorgt. (Benninghoff & Drenckhahn 2003)

Die Zungenmuskulatur kontrolliert während des Blasinstrumentenspiels gemeinsam mit der Atemmuskulatur, den Wangen und dem Weichgaumen (*Velum palatinum*) den Luftstrom und ist damit u. a. für die Tonqualität bedeutsam. Es spielen auch Zahnposition, Gaumenform, Größe und Position der Zunge bei der Tonqualität eine Rolle. (Howard & Lovrovich 1989)

1.1.2 Anatomie der Gesichts- und Halsmuskulatur

Um einen Ton auf einem Blasinstrument zu erzeugen, benötigt man Energie, die vom menschlichen Körper geliefert wird und in Form eines Luftstromes durch eine ge-

steuerte Ausatmung in das Cavum oris und von dort in das Instrument gelangt. Die Funktion der orofacialen Muskulatur während des Spielens eines Blasinstrumentes besteht in der Bildung eines Ansatzes, der die Luftsäule, die den Ton produziert, moduliert und kontrolliert. Die orofaziale Muskulatur ist somit sehr wichtig für die Intonation.

Bei der Bildung des Ansatzes können die in Abb. 1.1 dargestellten Muskeln beteiligt sein: M. orbicularis oris, M. caninus, M. depressor anguli oris, M. quadratus labii superioris (= M. levator labii superioris alaeque nasi, M. levator labii superioris, M. zygomaticus minor, M. zygomaticus major), M. quadratus labii inferioris, M. risorius, M. mentalis, M. buccinator, M. masseter, Platysma, M. suprahyoideus, M. infrahyoideus (Taddey 1992; Howard & Lovrovich 1989)

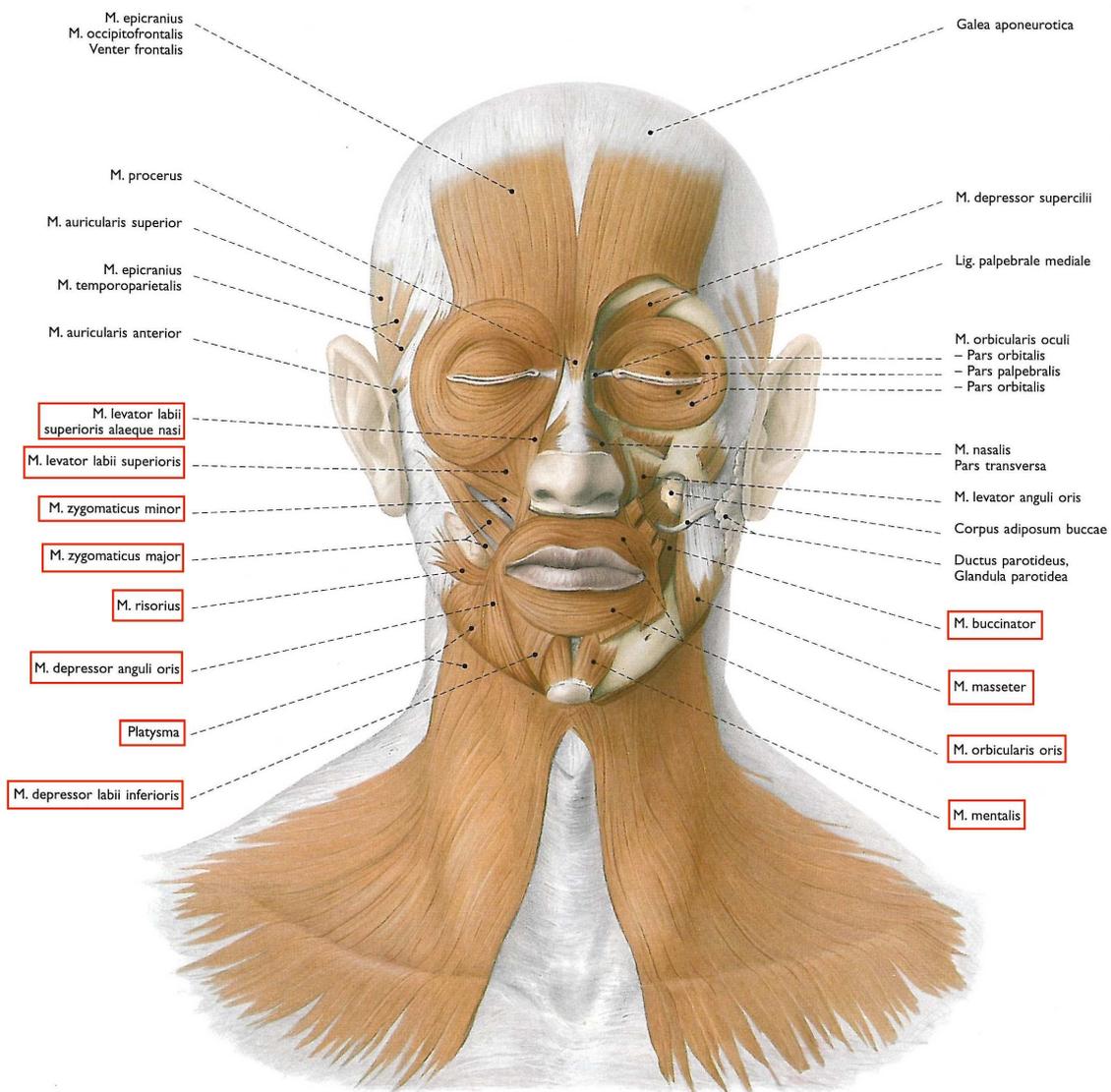


Abb. 1.1: Anatomie der Gesichts- und Halsmuskulatur (Köpf-Maier 2000)

Der M. buccinator ist der während des Blasinstrumentenspiels aktivste Muskel, er komprimiert die Wangen. Der M. orbicularis oris zieht die Lippen nach hinten und presst sie gegen die Frontzähne. Unterstützende Wirkung beim Blasinstrumentenspiel haben der M. risorius, M. zygomaticus major, M. depressor anguli oris und M. depressor labii inferioris, indem sie zur Tonisierung des M. buccinator beitragen (Howard & Lovrovich 1989; Landeck & Döll 1974; Sataloff et al. 1991; Penzel 1995). Beim Spiel eines Trompeteninstrumentes schwingen die Lippen im Kessel des Mundstückes. Indem sie vibrieren, entsteht die Tonhöhe (Frequenz), sie sind also maßgeblich an der Tonentstehung beteiligt (Frucht et al 2001; Howard & Lovrovich 1989; Methfessel 1989; Methfessel 2000; Brevig 1995). Dabei ist „der Anteil der schwingenden Lippen abhängig von der Tonhöhe“ (Methfessel 1989).

Beim Rohrblattinstrumentenspiel dagegen umschließen die Lippen das Mundstück. Die orofaziale Muskulatur der Rohrblattinstrumentalisten hat eine Halte- und Stützfunktion und steuert die Spannung des Rohrblattes, welches zum Schwingen gebracht wird. Die Tonentstehung wird durch die Schwingungsfrequenz des Rohrblattes bestimmt. (Howard & Lovrovich 1989; Günther et al. 2005; Methfessel 1989; Methfessel 2000; Brevig 1995).

Bei den Flöteninstrumenten hingegen dient die Gesichtsmuskulatur der Formung des Luftstromes (Brevig 1995).

Im Instrument wird daraufhin bei allen Instrumentengruppen die Luftsäule zum Schwingen gebracht, und es entsteht ein Ton (Howard & Lovrovich 1989; Methfessel 2000).

1.1.3 Anatomie der Jugularvenen

Die im Bereich des Halses oberflächlich verlaufenden Venen heißen *V. jugularis externa* und *V. jugularis anterior*. Die *V. jugularis externa* verläuft, vom Platysma bedeckt, in die Fossa supraclavicularis hinab und überkreuzt dabei (wie in Abb. 1.2 ersichtlich) den M. sternocleidomastoideus. Sie drainiert entweder in die *V. jugularis interna* am Venenwinkel oder in die *V. subclavia*. Die *V. jugularis anterior* verläuft am Vorderrand des M. sternocleidomastoideus und „verbindet sich auf verschiedene Weise mit der *V. jugularis externa*“ (Benninghoff & Drenckhahn 2004). Sowohl die *V. jugularis anterior* als auch die *V. jugularis externa* sind durch Bindegewebszüge mit

dem Platysma verbunden, so dass eine Kontraktion des Platysmas zu einer verstärkten Durchblutung in den o. g. Gefäßen führt (Waldeyer et al. 1993). Für das Offenhalten der o. g. Venen sind sowohl die oberflächliche und mittlere Halsfaszie, mit denen sie verbunden sind, als auch der M. omohyoideus von entscheidender Bedeutung (v. Lanz & Wachsmuth 1955).

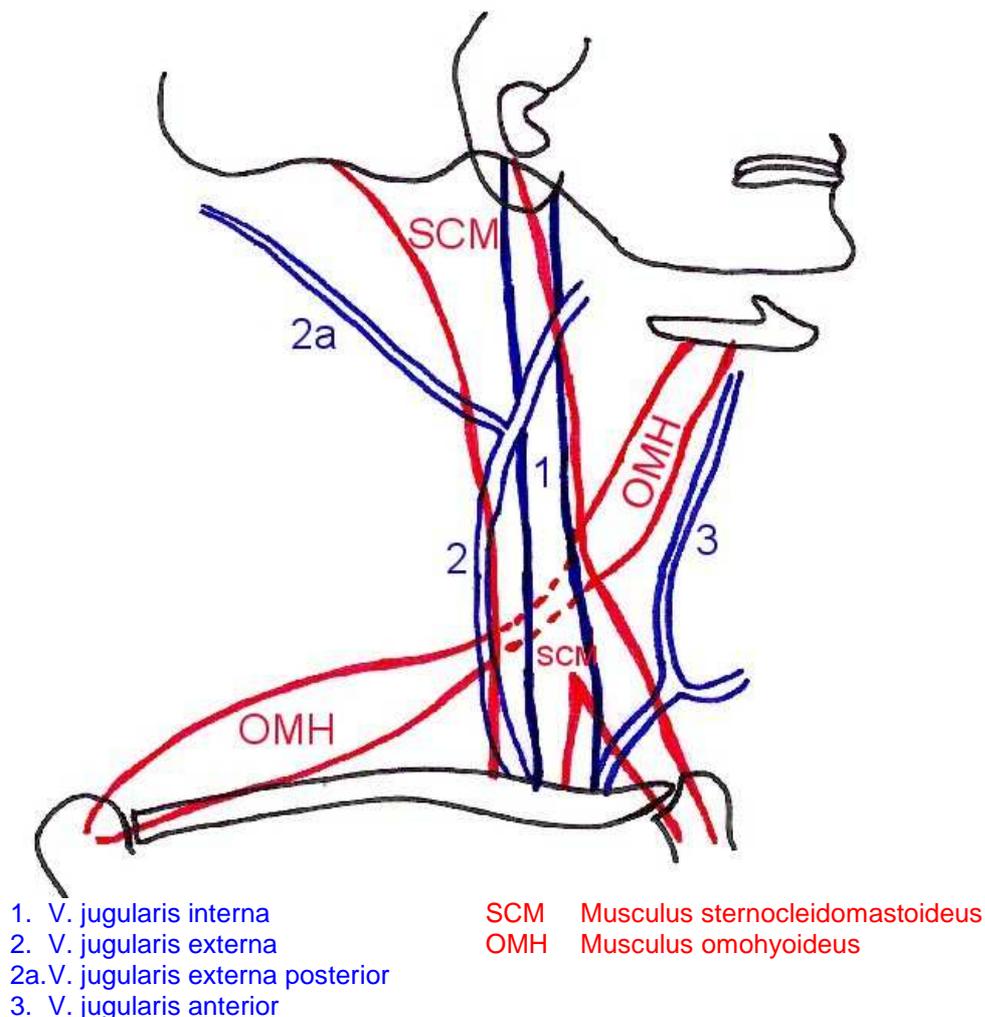


Abb. 1.2: Topographische Beziehungen der Jugularvenen zum M. sternocleidomastoideus und zum M. omohyoideus (modifiziert nach von Lanz et al. 1955)

Wenn die Wangen, wie z.B. während des Blasinstrumentenspieles, bei geschlossenem Mund aufgeblasen werden, können sowohl die V. jugularis anterior als auch die V. jugularis externa unter der Hautoberfläche sichtbar werden (Warwick & Williams 1973).

Die V. jugularis interna verläuft zunächst dorsomedial der A. carotis interna, später lateral der A. carotis communis und des N. vagus. Zum Offenhalten „bei negativem Innendruck während der Füllungsphase der Vorhöfe“ und bei Halsbewegungen ist

die V. jugularis interna mit der Zwischensehne des M. omohyoideus und der Lamina praetrachealis der Fascia cervicalis verbunden (Benninghoff & Drenckhahn 2004). Bei starkem Pressen, wie es z.B. bei manchen Trompeteninstrumentenspielern zu sehen ist, kommt es durch eine Zunahme des abdominellen und mediastinalen Druckes zu einem Rückstau in den Hals- und Kopfvenen. Infolge dieses Blutstaus können die Vv. jugulares unter der Hautoberfläche sichtbar werden (Angerstein 1996; v. Lanz & Wachsmuth 1955).

1.1.4 Neuroanatomie der Gesichtsmuskulatur

Anhand von Abb. 1.3 wird die enorm große Repräsentation der Gesichtsmuskeln und der Zunge sowohl im motorischen als auch im sensorischen Kortex deutlich. Die untere Gesichtshälfte wird nur vom kontralateralen Kortex, die obere Gesichtshälfte wird bilateral motorisch angesteuert (Trepel 2008). Aufgrund dieser anatomischen Verhältnisse ist es denkbar, dass die untere Gesichtshälfte eher für neuromuskuläre Erkrankungen und Läsionen anfällig ist als die obere Gesichtshälfte. Vor allem die untere Gesichtshälfte wird aber beim Blasinstrumentenspiel eingesetzt.

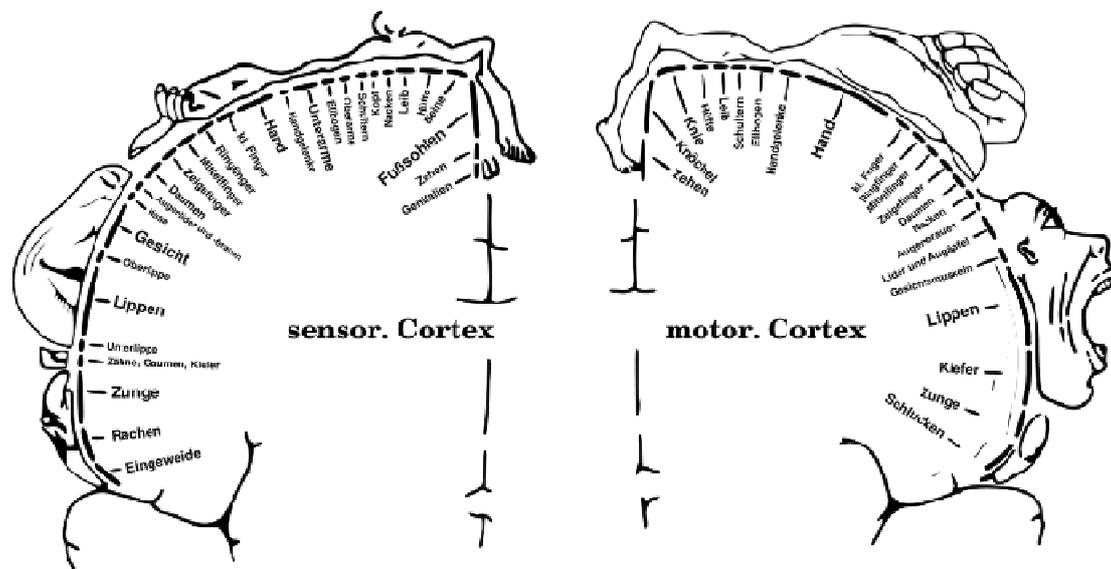


Abb. 1.3: Motorischer und sensorischer Homunkulus (nach Penfield/Rasmussen 1950)

1.2 Funktionell relevante Aspekte der involvierten Artikulatoren

Eine besonders wichtige Funktion kommt der Zunge beim Sprechen zu. Der Artikulationsprozess wird durch eine Abfolge von Zungenbewegungen realisiert, d.h. die Zunge bewegt sich zwischen bestimmten Positionen hin und her (Pompino-Marschall 2003). Die Produktion von menschlichen Sprachlauten basiert zu einem entscheidenden Teil auf der spezifischen Stellung der Zungenspitze und des Zungenrückens (Pompino-Marschall 2003). Insbesondere die Artikulation von Vokalen lässt sich phonetisch weitgehend über die Position des Zungenrückens beschreiben, der zur Unterscheidung verschiedener Vokale lediglich seine Lage im Ansatzrohr ändert: So werden *hohe* Vokale wie das deutsche [i] oder [u] mit *hohem* Zungenrücken gebildet, *niedrige* Vokale wie [a] werden dagegen mit *niedrigem* Zungenrücken artikuliert. Bei *vorderen* Vokalen (z.B. [i]) wird der *vordere* Teil der Zunge bewegt, bei *hinteren* Vokalen (z.B. [u]) wird der *hintere* Teil bewegt (Wein et al. 1990). Sämtliche Vokale lassen sich also vereinfacht gesagt mit den beiden Dimensionen Zungenrückenhöhe und Zungenposition definieren. Damit ergibt sich ein Laut-System, das in Form eines Vokaltrapezes beschrieben werden kann, vgl. Abb. 1.4.

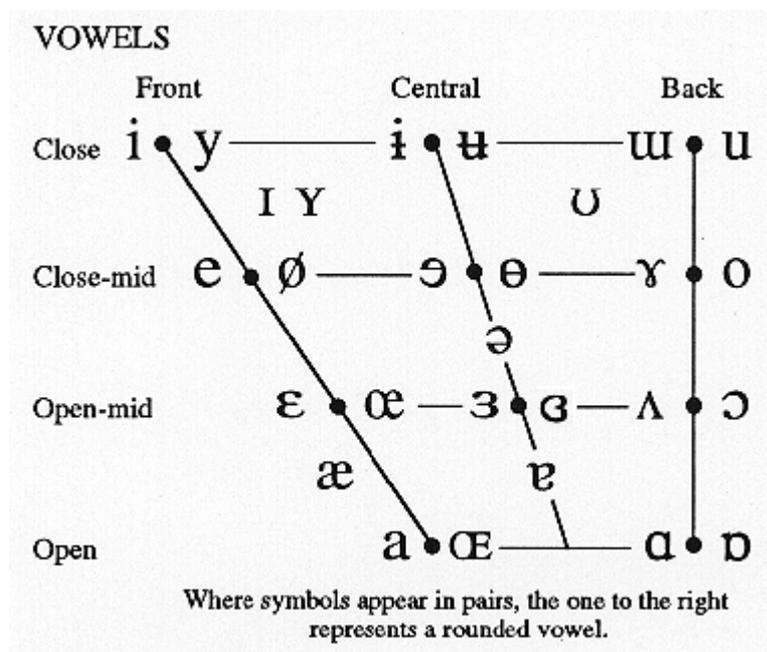


Abb. 1.4: Vokaltrapez der International Phonetic Association (IPA).

Über die Funktion der Zunge während des Blasinstrumentenspieles ist dagegen bisher nur wenig bekannt; detaillierte und systematische Beschreibungen der Zungenposition, die mit den Kenntnissen über den Artikulationsprozess von Sprachlauten

vergleichbar wären, liegen bisher nicht vor. In der einschlägigen Literatur finden sich eher vage Aussagen, die die Relevanz der Zunge lediglich andeuten, aber nicht präzisieren. So sagt z.B. Methfessel (1995), der eine wesentlich bessere Beweglichkeit der Zunge mit höchstmöglicher Geschwindigkeit bei Bläsern im Vergleich zu einer Kontrollgruppe feststellen konnte, dass die Zunge während des Blasinstrumentalspiels eine „wichtige Funktion“ hat. Er führte eine fünfjährige Longitudinalstudie an 181 Bläuserschülern aus dem Musikschulbereich Westsachsens durch. Die Zungenbeweglichkeit pro Sekunde wurde mithilfe eines „Stößels“ gemessen, der so schnell wie möglich vor und zurückzubewegen war (Methfessel 1995).

Eine genauere Darstellung der Zungenfunktion beim Blasinstrumentenspiel stellt zurzeit also noch ein Desiderat der Forschung dar. Die vorliegende Arbeit möchte einen Beitrag zum besseren Verständnis der Zungenbewegungen beim Spielen von Blasinstrumenten leisten.

1.3 Zungenultraschall

Bereits 1971 wurde Ultraschall zur statischen Darstellung der Zungenrückenkontur durch Minifie et al. 1971 eingesetzt. Es schlossen sich dynamische Zungenultraschalluntersuchungen während des Sprechvorganges an (z.B. Sonies et al. 1981; Shawker & Sonies 1984; Wein et al. 1990; Wein et al. 1991).

Die Zungeninnenmuskulatur stellt sich sonographisch echoreich dar, während die Zungenrückenkontur infolge der angrenzenden Luft und der daraus resultierenden Totalreflexion der Schallwellen wie ein echodichtes Band erscheint (Iro 2000). Diese Totalreflexion sowie die in Kap. 1.1.1 dargestellten anatomischen Gegebenheiten der Zunge und der Mundhöhle führen dazu, dass sich Ultraschall sehr gut eignet, um die Zungenrückenkontur exakt darzustellen (Shawker et al. 1984 b; Müßig 1992; Maniere-Ewan et al. 1993; Angerstein 1994; Böckler et al. 1989). So kann mit Hilfe des Ultraschalls die Zunge z.B. während des Schluckens (Fuhrmann & Diedrich 1993; Shawker et al. 1984; Wein et al. 1988; Wein et al. 1993; Casas et al. 2003; Mizuno & Ueda 2001), beim Säuglingssaugen (Wein et al. 1993), und im weiteren Sinne während jedweder Bewegung dargestellt werden (Wein et al. 1991). Der Zungenultraschall eignet sich u. a. zur Diagnostik von entzündlichen und tumorösen Prozessen, aber auch zur Diagnostik von Sprech- und Sprachstörungen (Iro 2000) sowie zur differenzierten Analyse von oralen Schluckstörungen (Wein et al. 1998).

In methodischer Hinsicht bietet die Ultraschalluntersuchung folgende Vorteile:

1. Sie führt zu keiner Strahlenbelastung und kann deshalb beliebig oft wiederholt werden.
2. Es können schnelle Zungenbewegungen erfasst werden.
3. Zungenbewegungen können auch bei geschlossenem Mund dargestellt werden.
4. Die Untersuchungstechnik ist einfach und daher schnell zu erlernen.

Beim Blasinstrumentenspiel wurde die Zungensonographie bisher nur durch Šram (1995), Šram et al. (1989a und 1991) und Angerstein (2002) eingesetzt. Die vorliegende Arbeit möchte diese Methode nutzen, um erstmals eine systematische und differenzierte Beurteilung der Zungenfunktion während des Spielens von Blasinstrumenten vorzustellen.

1.4 Relevante musikermedizinische Aspekte

Die ersten medizinischen Betrachtungen bei Berufsmusikern konzentrierten sich auf Leistenhernien. So beschrieb Giovanni Michael Savonarola 1486 in seinem „Handbuch über die Krankheiten von Kopf bis zum Fuß“ vermutlich als erster Mediziner ein gehäuftes Auftreten von Hernien bei Blasinstrumentenspielern, am ehesten durch das „kräftige Blasen“ bedingt. Seine Beobachtungen wurden 1559 von Caspar Stromayr (Lindauer Wundarzt) in der Handschrift „Practica copiosa von dem Rechten Grundt Dess Bruch Schnidts...“ bestätigt: er sah ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Blasinstrumentenspiel und dem Auftreten von Leistenbrüchen. Andere durch den hohen intraoralen Druck bei Blasinstrumentenspielern (v. a. bei Trompeteninstrumentenspielern) bedingte Krankheitsbilder stellen die äußere Laryngozele und die „Wind Parotitis“ dar (Macfie 1966; Liu & Hayden 2002; Gallivan & Gallivan 2002). 1675 äußerte sich der niederländische Anatom Diemberbroeck zu Blutstürzen bei Blasinstrumentenspielern, die auf Aortenaneurysmarupturen oder die „Schwindsucht“ zurückgeführt wurden (Breuer 1995). Erste umfassende Beobachtungen multipler Krankheitsbilder bei Blasinstrumentenspielern stellte 1718 Ramazzini an; er befasste sich u. a. mit Bluthusten, Leistenbrüchen, Ohrenklingen und Kopfschmerz (Ramazzini 1718; Arcier 1994). Von weiteren Fallbeispielen der Hämoptyse bei Blasinstrumentalisten berichtet Rajput (2001): Er stellt drei Patienten vor, bei keinem der

Betroffenen zeigten sich Pathologien, die die Hämoptysen hätten begründen können. 1778 schloss sich Karl-Friedrich Happ mit „Über die Unannehmlichkeiten der Musikinstrumente, die durch Blasen gespielt werden“ Ramazzini an. 1832 erwähnte Karl Sundelin Lippenschäden, aber auch die durch das Blasinstrumentenspiel verursachten Zahnschäden (Breuer 1995). 1925 berichtete Flesch unter anderem von einem Trompetenspieler, bei dem es zu „einer Krampfempfindung im Orbicularis oris kam. Der Patient war dann unfähig einen Ton zu blasen“. Im Verlauf beschreibt er einen Zungenkrampf bei Klarinetten- und Hornbläsern. Ein weiterer Aspekt seiner Beobachtungen betrifft die Halsvenen: „Man sieht ja den erschwerten Rückfluss des venösen Blutes aus den Kopfgefäßen an der Hautröte und am Anschwellen der gestauten Venen“ (Flesch 1925). Diese „Stauung des Bluts“ wird ebenfalls von Singer (1926) beschrieben. Er nennt zusätzlich auftretende Veränderungen der Unterlippe bei Trompeteninstrumentenspielern: „Bei einem Trompeter glitt die Unterlippe im Ansatzstück „wie gelähmt“ ab. Töne bestimmter Höhen konnten nicht geblasen werden, bei gesteigerter Anspannung der Lippenmuskeln lief Speichel aus dem Mund. Und dabei bestand kein Schmerz, nur das Gefühl eines schweren ‘Klumpens’ im Mund.“ Hier beschreibt Singer wie bereits zuvor Flesch die *fokale Dystonie* bei Blasinstrumentenspielern, die ein häufig anzutreffendes Krankheitsbild bei Berufsmusikern darstellt (Žuškin et al. 2005).

Bei der Ansatzdystonie der Bläser handelt es sich um eine „tätigkeitsspezifische fokale Dystonie“ (Altenmüller & Jabusch 2008a). Es kommt zu einem Verlust der feinmotorischen Kontrolle von Bewegungsabläufen am Musikinstrument, die zeitliche und räumliche Präzision erfordern. Sie kann die Koordination von Lippen- (Frucht et al. 1999), Zungen-, Gesichts- und Halsmuskulatur bei Blasinstrumentenspielern betreffen und wird typischerweise nicht von Schmerzen begleitet (Altenmüller & Jabusch 2008a und 2008b; Lederman 1991; Schuele & Lederman 2003; Tubiana 1995; Yeo et al. 2002).

Die Prävalenz der Musikerdystonie bei professionellen Musikern liegt in der BRD bei einem Prozent; bei 65% der von einer fokalen Dystonie betroffenen Berufsmusiker kommt es erkrankungsbedingt zu beruflichen Einschränkungen, 29% müssen ihren Beruf aufgeben (Altenmüller & Jabusch 2008a; Altenmüller & Jabusch 2008b). So wurden zwischen 1997 und 2004 in der BRD sieben Fälle von fokaler Dystonie der Ansatzmuskulatur bei Blasinstrumentenspielern dem jeweils zuständigen Träger der

Gesetzlichen Unfallversicherung gemeldet, wovon drei anerkannt wurden.¹ Männer sind deutlich häufiger betroffen als Frauen (Altenmüller & Jabusch 2008b). Anzumerken ist, dass die BK 2106 „Druckschädigung der Nerven“ nicht nur als fokale Dystonie bei Blasinstrumentalisten im Gesichtsbereich, sondern auch bei anderen Musikern (z. B. bei Geigern) in Form von Lähmungen, Parästhesien oder Sensibilitätsstörungen in Armen, Händen oder im Bereich der Schulter als berufsbedingt anerkannt werden kann.

Die Pathophysiologie der fokalen Dystonie ist nicht sicher geklärt. Es wird vermutet, dass es im ZNS zu einer reduzierten Hemmung in den Basalganglien und den motorischen Rindenarealen des Gehirns kommt. Dies soll eine überschießende motorische Reaktion mit einer simultanen Aktivierung antagonistisch wirkender Muskelgruppen zur Folge haben. Es wird eine familiäre Häufung der fokalen Dystonie beobachtet. Weitere Risikofaktoren für die Entwicklung einer fokalen Dystonie sind chronische Überlastung, muskuläre Traumata, periphere Nervenläsionen und eine Neigung zu Perfektionismus (Jabusch 2006; Altenmüller & Jabusch 2008b).

Es kommt zu unwillkürlichen Verkrampfungen bei Bewegungsabfolgen während des Instrumentalspiels (Seidel et al. 2002; Lederman 1991), die nicht mit Schmerzen verbunden sind (Altenmüller & Jabusch 2008b). In der Frühphase imponiert die Ansatzdystonie „als subtile Unzulänglichkeit der Tongebung, vorwiegend in einem bestimmten Register oder einer Spielart oder in einem klar umschriebenen Dynamikbereich“ (Altenmüller & Jabusch 2008b). Im Verlauf sind alle Dynamikbereiche und der gesamte Tonumfang des Instrumentes betroffen. Es kommt bei Bläsern innerhalb von Tagen bis Wochen zu einem völligen Kontrollverlust über den Ansatz, der wiederum zu einem Entweichen der Luft seitlich des Mundstücks, zu Verkrampfungen oder zu einem Tremor der involvierten mimischen Muskulatur führt (Altenmüller & Jabusch 2008b).

Die Diagnose wird durch eine Beobachtung während des Instrumentalspiels klinisch gestellt (Jabusch 2006, Altenmüller & Jabusch 2008b). Als diagnostisches Hilfsmittel kann das Elektromyogramm (EMG) dienen: Hier zeigen sich im Erkrankungsfalle deutlich verlängerte Latenzzeiten (Zeller 1992). Laborchemisch oder neurologisch ergeben sich keine Auffälligkeiten (Jabusch 2006; Altenmüller & Jabusch 2008b).

¹ Diese Daten wurden freundlicherweise von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin/Berlin (Herr Dr. Butz, Herr Zagrodnik), zur Verfügung gestellt.

Zur Therapie der Ansatzdystonie bei Blasinstrumentalisten werden u. a. „Retraining-Verfahren“ mit „unspezifischen technischen Übungen“ eingesetzt, da die sonst bei Dystonien übliche pharmakologische Therapie mittels Botulinumtoxin unwirksam ist (Altenmüller & Jabusch 2008a; Frucht et al. 1999). Die o. g. Retraining-Verfahren dienen der Erlernung neuer Bewegungsmuster unter therapeutischer Anleitung. Die ausgeübten Bewegungen dürfen eine bestimmte Kraft- und Bewegungsgrenze nicht überschreiten; so sollen dystone Bewegungen vermieden werden (Jabusch 2006). Die pharmakologische Therapie mittels des anticholinerg wirksamen Trihexyphenidyl erfolgt oral und ist nebenwirkungsreich: Wegen Mundtrockenheit, Gedächtnislücken, Müdigkeit oder neu aufgetretenen Depressionen muss die Therapie häufig beendet werden. Trihexyphenidyl kann als Monotherapie oder in Kombination mit den Retraining-Verfahren eingesetzt werden. (Altenmüller & Jabusch 2008a, Jabusch 2006).

1935 riss Louis Armstrong der M. orbicularis oris, so dass er für ein Jahr seine Karriere unterbrechen musste (Arcier 1994; Donnet et al. 1996; Liu & Hayden 2002; Papsin et al. 1996). Nach ihm wurde das *Satchmo-Syndrom* benannt, welches klinisch durch eine plötzlich eintretende schmerzhaft Ermüdbarkeit während des Blasinstrumentenspiels und durch die Unfähigkeit, hohe Töne lange zu halten, auffällt. Es stellt eine wichtige Differentialdiagnose zur Ansatzdystonie bei Blasinstrumentenspielern dar (Donnet et al. 1996; Liu & Hayden 2002). In der Literatur sind bisher 13 Fälle des Satchmo-Syndroms beschrieben (Donnet et al. 1996; Papsin et al. 1996; Planas 1988). Die o. g. Symptomatik tritt nach Überbeanspruchung des M. orbicularis oris auf. Sie wird besonders häufig bei professionellen Trompeteninstrumentenspielern beobachtet (Donnet et al. 1996; Liu & Hayden 2002). Die Therapie der Wahl des Satchmo-Syndroms bei professionellen Blasinstrumentenspielern stellt die Operation des M. orbicularis oris dar (Planas 1988; Papsin et al. 1996; Sullivan 1989): Intraoperativ wird der eingerissene M. orbicularis oris freigelegt und mit Einzelknopfnähten zusammengefügt. Um die Läsion des Muskels besser zu erkennen, wird der Patient währenddessen aufgefordert zu summen (Papsin et al. 1996). Die Prognose dieser Erkrankung ist im Vergleich zur Ansatzdystonie gut (Altenmüller & Jabusch 2008a).

Ungefähr 80% der deutschen Orchestermusiker sind an arbeitsbedingten gesundheitlichen Beschwerden erkrankt; 13% sind aufgrund gesundheitlicher Probleme sogar dazu gezwungen, ihren Beruf frühzeitig aufzugeben (Böckelmann & Schneyer

2009). Die vorliegende Arbeit möchte in dieser Hinsicht zum Stand der Forschung in der Musikermedizin beitragen; indem sie ein genaueres Bild der Funktion der beteiligten Artikulationsorgane entwickelt, vervollständigt sie die Kenntnisse über die Entstehung spezifischer Erkrankungen bei Blasinstrumentenspielern und leistet somit einen Beitrag zur Prävention solcher Erkrankungen. In der Praxis sind damit letztlich auch versicherungsrechtliche und wirtschaftliche Aspekte verknüpft, die für Berufshaftpflicht-, Unfall-, Krankenversicherungen und Berufsgenossenschaften bis hin zur Frage der Berufsunfähigkeit von Relevanz sind.

1.5 Ziele der Arbeit.

Die Ziele der vorliegenden Arbeit lassen sich anhand der folgenden Fragen zusammenfassen:

1. Was determiniert die Zungenrückenbewegungen? Welche Faktoren beeinflussen die Zungenrückenamplituden?
2. Lässt sich mittels verschiedener Ultraschalltechniken beim Spielen von Blasinstrumenten eine Echtzeitdarstellung der Zungenrückenkonturen erreichen und damit ein Modell der Zungenbewegung ableiten?
3. Was determiniert die Gesichts- und Halsmuskulatur? Welche Faktoren beeinflussen die Gesichts- und Halsmuskulatur?
4. Lassen sich aus den o. g. Erkenntnissen berufsbedingte Belastungen bei Musikern erschließen?
5. Können hieraus medizinisch relevante Konsequenzen für die Musikermedizin zur Prävention, Risikoabschätzung und -minimierung abgeleitet werden? So sagte Ramazzini (1718) wiederholt: „Es ist viel besser vorzubeugen als zu heilen, ebenso wie es besser ist, den Sturm vorher zu erkennen und ihm zu entfliehen als durch ihn selbst fortgerissen zu werden.“

2. Probanden und Methodik

2.1 Probanden

Die Untersuchungen wurden an 23 weiblichen Probanden im Alter zwischen 16 und 51 Jahren (MW= 26,6 Jahre; SD= 9,4 Jahre²) und an 15 männlichen Probanden im Alter zwischen 14 und 58 Jahren (MW= 29,1 Jahre; SD= 12,4 Jahre) durchgeführt. Es wurden sowohl Profimusiker als auch Laienmusiker untersucht, um mögliche Unterschiede bezüglich der Zungenbewegungen und hinsichtlich des Einsatzes der orofacialen- bzw. der äußeren Halsmuskulatur feststellen zu können. Die Probanden stammten zum Teil aus dem Bekanntenkreis der Untersucher, ein Teil der Probanden waren Profimusiker der Musikhochschule Köln, andere wurden über telefonische Kontaktaufnahme mit der Städtischen Musikschule Düsseldorf und dem Düsseldorfer Jagdverein akquiriert. In die Auswertungen eingeschlossen wurden letztlich 23 weibliche und 15 männliche Musiker. Die übrigen wurden nicht berücksichtigt, da sie zum Zeitpunkt der Untersuchung praktisch noch keine Erfahrung mit ihrem Instrument besaßen. Zusätzlich wurden vier männliche Musiker untersucht, welche sog. Naturinstrumente spielten. Diese kleine Gruppe wurde außerhalb der eigentlichen Fragestellung mitgeführt, um die ganze Bandbreite möglicher Instrumentierungen zu illustrieren.

2.2 Untersuchungsaufbau

Während der Untersuchung stand der Proband³, den Blick auf das Notenblatt gerichtet, links neben dem ersten Untersucher, der den Ultraschallkopf unter das Kinn des Probanden hielt. Der zweite Untersucher (ein Diplomingenieur für Nachrichtentechnik) saß rechts vom ersten Untersucher; er bediente den U-Matic-Recorder, mit dessen Hilfe die Ultraschallaufnahmen der Zunge videodokumentiert wurden. Außerdem bediente der zweite Untersucher das rechts vorne vor dem Probanden stehende Mikrofon und den an das Mikrofon angeschlossenen Dat-Recorder, der zur Tonaufnahme herangezogen wurde. Gegenüber dem Probanden stand die Untersucherin, welche die Gesichtspartien von der Nasenwurzel an abwärts und den äußeren Hals von vorne filmte. Die Augenpartie wurde ausgespart, um eine Anonymisierung zu gewährleisten. Sowohl der U-Matic-Recorder als auch die Videokamera waren an einen Fernsehmonitor angeschlossen, auf dem durch Umschalten entweder die Ge-

² MW= Mittelwert; SD = Standardabweichung

³ Der Ausdruck Proband bezeichnet ab sofort das weibliche und das männliche Geschlecht.

sichts- und Hals- oder die Ultraschallaufnahmen angesehen werden konnten. Abbildung 2.1 zeigt eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus:

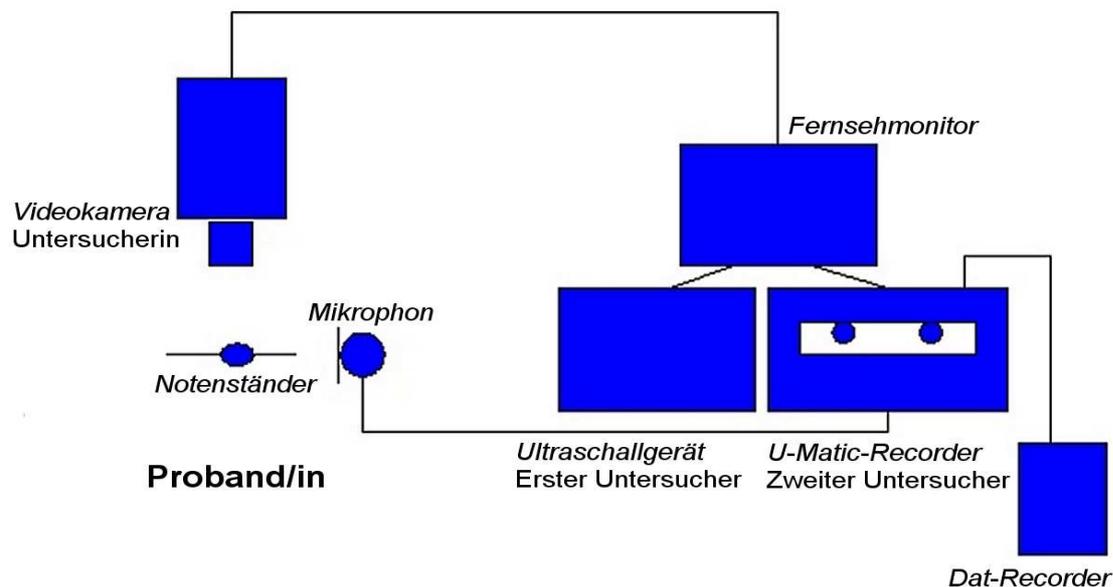


Abb. 2.1: Untersuchungsaufbau

Die Vorteile des Ultraschalls liegen darin, dass er für die Probanden unbelastend ist, und dass Zungenbewegungen im Mundinneren, welche sonst nicht verfolgt werden können, in Echtzeit auf einem Bildschirm dargestellt werden können.

Zur Beurteilung der Zungenmuskelfunktion beim Spielen von Blasinstrumenten kam ein Ultraschallgerät der Firma *Hitachi* zum Einsatz (*Hitachi Ecoscan EUB-405*, Seriennummer 12790806, Hitachi (Düsseldorf); Schallkopf: konvex, 5,0 MHz), mit dessen Hilfe Bewegungsabläufe im *B-Mode* aufgezeichnet werden können.

Um schnellere Zungenbewegungen genauer beurteilen zu können, wurde der *TM-Mode* (auch *M-Mode*) eingesetzt: Hierbei wurde die zeitliche Veränderung eines bestimmten Punktes des Zungenrückens dokumentiert.

Bei der Zungensonographie wurde der Ultraschallkopf mittig unter dem Kinn positioniert, so dass mediasagittale *B-Mode*-Ultraschallschnittbilder des Zungenrückens entstanden. Die zungensonographischen Videoaufnahmen erfolgten zunächst über *U-Matic* (*U-Matic Videocassette Recorder V0-5630*, Sony (Köln)) und wurden zur Auswertung auf DVD gebrannt.

Die Videokamera (*Digital Video Camera Recorder Mini DVC, DCR-TRV 15 E*, Seriennummer 109675, *Sony* (Köln)) wurde gegenüber den Probanden auf einem Stativ platziert. Bei den Videoaufnahmen wurden die Bewegungen der Lippen- und Wangenregion sowie der Nasenflügel und der Halsvenen über DVC zur späteren Analyse anonymisiert aufgezeichnet und zur Auswertung auf VHS-Bänder überspielt. Der sichtbare Bildausschnitt umfasste die Gesichtsregion unterhalb der Augenpartie bis zum Hals (vgl. Abb. 2.2).



Abb. 2.2: Dokumentierte Gesichts-Hals-Region. Der Pfeil zeigt die Position des Schallkopfes beim Spielen des Instrumentes.

Die Tonaufnahmen erfolgten auf zwei Wegen: Erstens über ein externes Mikrofon (*Studio Electret Microphone ECM-2000, 30-20000 Hz*, Seriennummer 230290, *Canon* (Krefeld)), welches über den U-Matic-Recorder mit dem Dat-Recorder (*Professional Digital Audio Tape Deck SV-3900*, Seriennummer AA5FH01001, *Panasonic* (Hamburg)) verbunden wurde, und zweitens über das Mikrofon der Videokamera.

2.3 Lungenfunktionsprüfung

Vor jedem Instrumentalspiel wurde bei allen Probanden die Lungenfunktion mit Hilfe eines Spirometers (*Flowscreen pro Version 6.0, Typ B/IEC 601-1*, Seriennummer 389494, *Jaeger* (Hoechberg)) überprüft. So wurde sichergestellt, dass alle Proban-

den über eine ausreichende Vitalkapazität der Lungen verfügten, wodurch ein möglicher Störfaktor (nicht ausreichende Lungenfunktion) beim Blasinstrumentenspiel ausgeschlossen werden sollte.

Die Lungenfunktionsprüfung wurde vor der Untersuchung durchgeführt, um ihr Ergebnis nicht durch die Anstrengung des vorherigen Spielens zu verfälschen. Die Lungenfunktionsprüfung erfolgte in einem abgedunkelten und schallgedämpften Raum. Um zu erreichen, dass die Probanden ausschließlich durch den Mund und damit in das Gerät ausatmeten, bekamen alle Probanden zu Beginn der Untersuchung eine Nasenklammer aufgesetzt. Anschließend nahmen die Probanden das Mundstück des Gerätes so in den Mund, dass keine Luft entweichen konnte.

Mithilfe der Software des Lungenfunktionsgerätes wurde in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Körpergröße und Körpergewicht ein für den Probanden spezifischer Sollwert errechnet, der als 100 % gesetzt wurde. Von diesem Sollwert wurde ein Istwert in Prozent für folgende Parameter bestimmt: Vitalkapazität (VC), forcierte Vitalkapazität (FVC), Einsekundenkapazität (FEV1), FEV1 in Prozent der maximalen VC (FEV1%VC), expiratorischer Spitzenfluss (PEF), maximaler expiratorischer Flow bei 50% der FVC (MEF 50), maximaler inspiratorischer Fluss bei 50% der VC (MIF 50), maximaler expiratorischer Flow bei 25% der FVC (MEF 25), mittlerer maximaler expiratorischer Fluss zwischen 25 und 75% der FVC (MMEF 25/75), forciertes inspiratorisches Volumen nach einer Sekunde (FIV 1).

Die Lungenfunktionsprüfung setzte sich aus den folgenden typischen Untersuchungseinheiten zusammen:

Spirometrie

Die Probanden atmeten zunächst gleichmäßig ein und aus. Nach etwa 20 Sekunden atmeten sie tief aus, dann tief ein und wieder tief aus, um schließlich wieder normal weiter zu atmen.

Tiffeneau-Test

Zu Beginn dieser Untersuchung atmeten die Probanden gleichmäßig ein und aus. Anschließend atmeten sie langsam aus, dann ganz tief ein. Nach dieser tiefen Einatmung erfolgte ein stoßartiges Ausatmen über eine Sekunde (*Tiffeneau-Test*), danach wurde normal weitergeatmet. So konnte die Einsekundenkapazität als wichtiger Parameter der Lungenfunktion bestimmt werden.

Resistance

Die Probanden atmeten regelmäßig ein und aus. Während des Messvorgangs war ein spezifisches Klack-Geräusch zu hören, worauf die Probanden vor der Untersuchung hingewiesen wurden. Nach fünf Durchgängen war die Messung beendet.

2.4 Untersuchungsablauf

Zur Vereinheitlichung des Untersuchungsablaufs erfolgten die Ultraschallaufnahmen, die Videoaufnahmen und die Tonaufnahmen immer von demselben Untersuchungsteam. Die Untersuchungen fanden stets in demselben Raum statt. Bis auf eine Probandin erhielt keiner der Probanden die Noten vor dem Untersuchungstag, so dass nur diese Probandin speziell üben konnte. Die Probandin hatte dies zur Bedingung für ihre Teilnahme an der Studie gemacht. Alle Untersuchungen fanden jeweils nachmittags zwischen 13 und 16 Uhr statt.

Tab. 2.1 zeigt die Musikinstrumente, die von den Probanden während der Untersuchungen gespielt wurden. Die Einteilung der Musikinstrumente erfolgte anhand des Mundstücks nach Bahnert & Schramm (2003), Ridley (1974) und Simon (2004).

Tab. 2.1: Instrumente der untersuchten Musiker/innen

Instrumentenart	n	davon Instrument	n
Trompeteninstrumente	15	Trompete	9
		Waldhorn	3
		Jagdhorn	2
		Tuba	1
Rohrblattinstrumente	14	Saxophon	4
		Fagott	4
		Klarinette	3
		Oboe	3
Flöteninstrumente	9	Querflöte	6
		Blockflöte	3
Naturinstrumente	4	Didgeridoo	4

Um ein höheres Maß an Standardisierung zu erreichen und um interindividuelle Unterschiede feststellen zu können, spielten alle Probanden – bis auf die Spieler der Naturinstrumente, die ohne Noten gespielt werden – dieselben Melodien:

1. Tonfolge – zur Untersuchung von intraindividuelle Variation und Reproduzierbarkeit der Zungenrückenkantur:

Hierbei spielten die Probanden bei mittlerer Lautstärke dreimal hintereinander denselben Ton. Wir wählten dafür die Note *g*, weil dieser Ton ohne Ventile gespielt werden kann. Der Ton sollte so lange wie möglich gehalten werden. Dieser Parameter galt der Feststellung der intraindividuellen Variationsbreite von Zungenrückebewegungen. Abb. 2.3 zeigt eine typische Ultraschallaufnahme. Beim Spielen der Note *g* entstand eine charakteristische Nulllinie im TM-Mode des Ultraschalls, solange bei gehaltenem *g* die Zunge nicht bewegt wurde (Abb. 2.3, rechts).

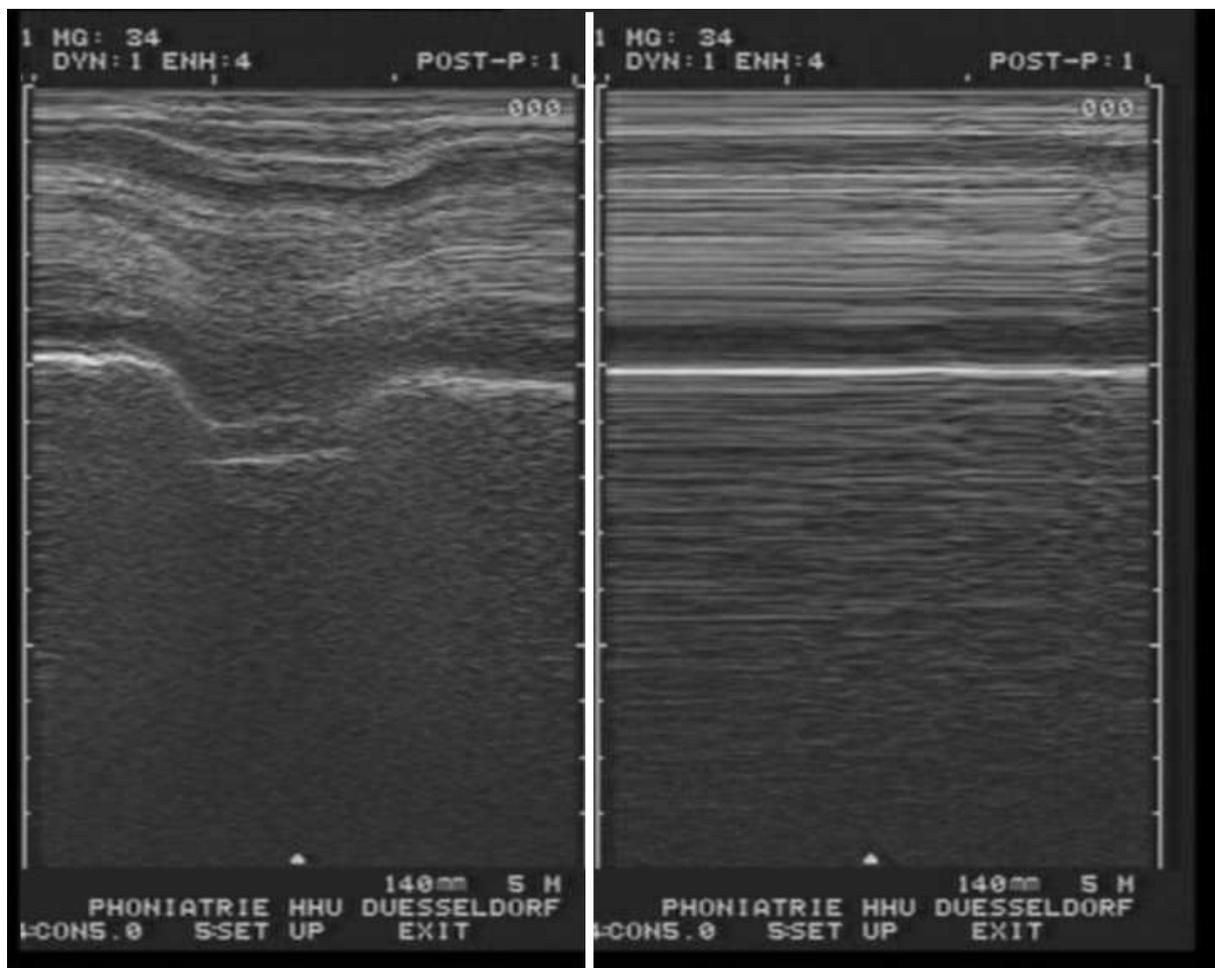


Abb. 2.3: TM-Mode Ultraschall. Links: Zunge in Bewegung beim Spielen der 2. Tonfolge; rechts: Zunge bei gehaltenem *g* bewegungslos, sichtbare Nulllinie.

Da eine gute Reproduzierbarkeit der Zungenrückebewegungen beim Spielen und Halten von Tönen erforderlich war, mussten wir diese Reproduzierbarkeit durch das Spielen und Halten eines Tons überprüfen. Eine schlechte Reproduzierbarkeit stellte

ein Ausschlusskriterium für die Studie dar: Wenn statt der Nulllinie beim Halten des Tons eine Zungenrückenbewegung sichtbar gewesen wäre, hätte der Proband aus der Studie ausgeschlossen werden müssen. Dieses Ausschlusskriterium traf jedoch auf keinen der Probanden zu.

2. Tonfolge – zur Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Zungenbewegung

Mithilfe dieses Parameters sollte ermittelt werden, ob Lautstärke und Artikulation (*gebunden* oder *gestoßen*) Einfluss auf die Zungenbewegungen haben. Um den möglichen Störfaktor der Ventile zu umgehen, wurde für die Tonfolgen die Naturtonreihe gewählt, die alle Instrumentalisten in demselben Tempo spielten. Das Tempo wurde mittels eines Metronoms (*Quartz Metronom QT-1B, Yamaha (Rellingen)*) vorgegeben, wobei das Metronom auf 60 Schläge pro Minute eingestellt war. Jeder Ton wurde zwei Schläge ausgehalten, d.h. es wurden halbe Noten gespielt. Die Töne der Naturtonreihe wurden zunächst im *Mezzoforte* (*mf* = mittellaut) gestoßen, danach im *mf* gebunden, dann im *Piano* (*p* = leise) gestoßen und schließlich im *Fortissimo* (*ff* = so laut wie möglich) gestoßen vorgetragen.

Fragebogen zur Person

Nach dem Instrumentalspiel erhielten die Probanden einen Fragebogen (vgl. Anhang), der Alter, Geschlecht, Instrument, Übezeit in Minuten pro Tag und die eigene Einschätzung des bläserischen Kenntnisstandes erfasste.

Am Ende eines jeden Untersuchungsganges erläuterten die Untersucher den Probanden sowohl die Ultraschall- als auch die Videoaufnahmen auf einem Bildschirm (*Colour Video Monitor BT-H1490 Y, Seriennummer EM8511518, Panasonic (Hamburg)*).

2.5 Auswertungskriterien

2.5.1 Auswertung der Ultraschallbilder

Zur Auswertung der Ultraschallbilder wurde der Bildschirm in zwei Hälften geteilt (Abb. 2.4). In der linken Bildschirmhälfte wurde die Zungenrückenkantur in mediosagittalen B-Mode-Schnittbildern dargestellt

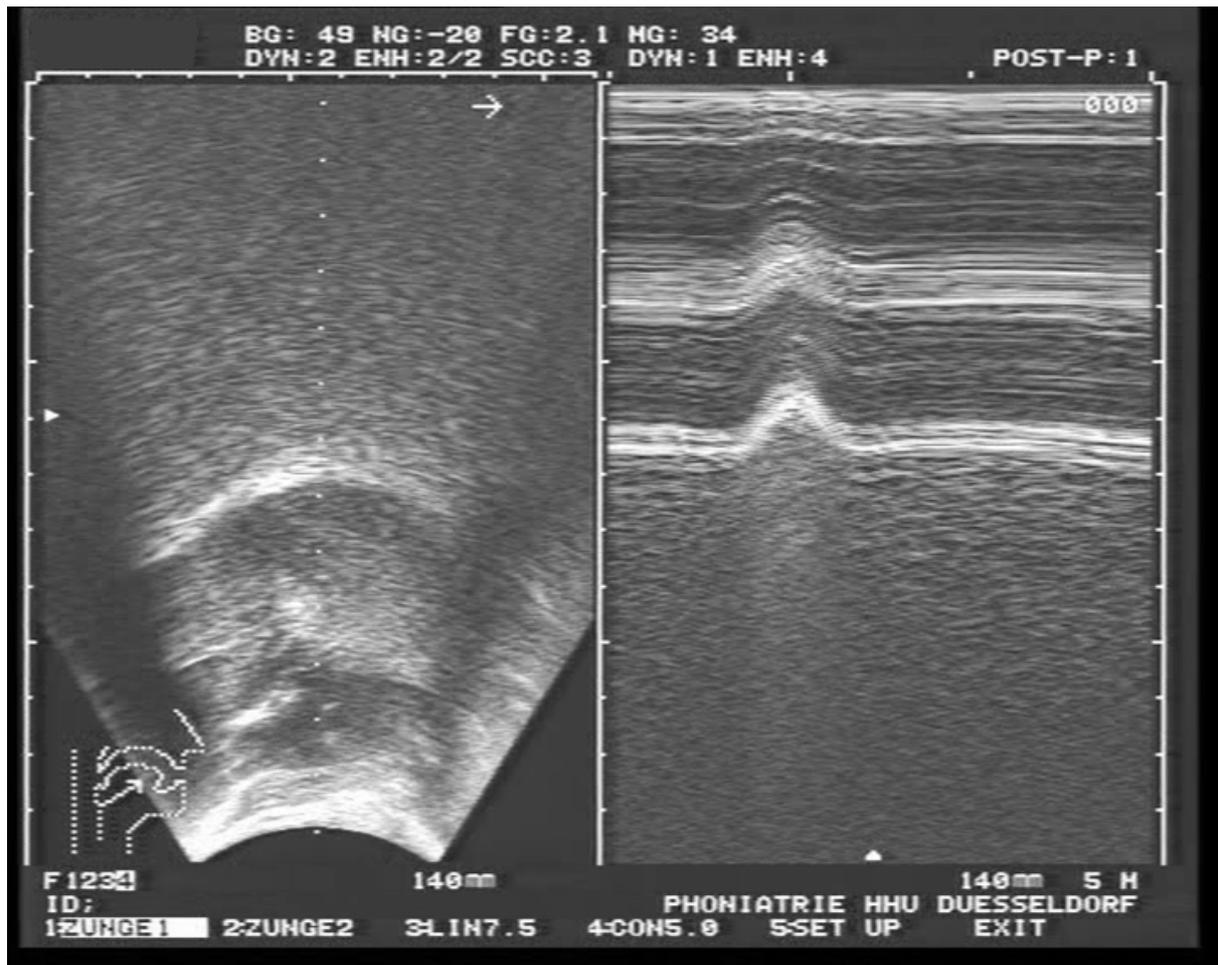


Abb. 2.4: Typisches Ultraschallbild; links B-Mode, rechts TM-Mode

Auf diesen B-Mode-Bildern wurde in der Bildmitte ein vertikal verlaufender Cursor mit Punktmarkierungen eingeblendet. In der rechten Hälfte des Ultraschallmonitors wurde im Zeitverlauf jeweils die Bewegungsamplitude desjenigen Punktes der Zungenoberfläche dargestellt, welcher auf der linken Monitorhälfte durch den Cursor auf der Zungenoberfläche gekreuzt wurde. Zwecks Ausmessung der Bewegungsamplitude der Zungenrückenkantur im TM-Mode wurden die TM-Mode-Schnittbilder skaliert: Der auf dem Monitor gemessene Abstand zwischen zwei Punkten entsprach auf der Abszisse 500 ms und auf der Ordinate 1,2 cm. Im B-Mode entsprach der auf dem

Monitor gemessene Abstand zwischen zwei Punkten des o. g. vertikalen Cursors jeweils 1,2 cm. Die cm-Angaben sind relativ und von Krümmung und Größe des Bildschirms abhängig. Aus diesem Grund wurden alle Daten an demselben Flachbildschirm sowie an demselben Computer (*Intel Pentium III-Prozessor, 701 Mhz, 256 MB RAM, 14.1“ TFT XGA Color Display 1024X768, Medion (Essen)*) ausgewertet.

Zur Auswertung der Zungenrückenbewegungen wurde jeweils die größte Amplitude der Zunge während des Musikinstrumentenspiels bestimmt. Zur besseren Vergleichbarkeit der intraindividuellen und interindividuellen mediosagittalen Schnittbilder im B-Mode wurde die Zungenrückenkontur in drei Drittel eingeteilt: das linke Drittel wurde als *Zungenspitze*, das mittlere Drittel als *Zungenkörper* und das rechte Drittel als *Zungengrund* bzw. *Zungenwurzel* bezeichnet. Es wurde dokumentiert, in welchem Bereich des Zungenrückens (Zungenspitze, Zungenkörper oder Zungengrund/Zungenwurzel) gemessen wurde. Der Großteil der Messungen (97,7%) erfolgte in der Mitte der Zunge, so dass für die statistische Auswertung zur besseren Vergleichbarkeit der Werte die gemessenen Amplituden des Zungenkörpers verglichen wurden. Die Messungen erfolgten nur bei Extrempositionen der Zunge (2,3%) im Bereich der Zungenspitze oder des Zungengrundes, d. h. wenn die Zunge sehr weit nach hinten zurückgezogen oder sehr weit nach vorne vorgeschoben war.

2.5.2 Auswertung der Anspannung im Gesichts- und Halsbereich

Die Videoaufnahmen von Gesicht und Hals wurden daraufhin analysiert, ob eines oder mehrere der folgenden Kriterien vorhanden waren:

1. Bewegung der Nasenflügel
2. Einrollen der Lippen, vgl. Abb. 2.5
3. Aufblasen der Wangen, vgl. Abb. 2.6
4. submandibuläres Luftpolster, vgl. Abb. 2.7
5. periorale Mimik: Anspannung des M. orbicularis oris und / oder des M. mentalis (sog. Orangenhaut-Phänomen), vgl. Abb. 2.8
6. Halsvenenstau (V. jugularis externa, V. jugularis anterior) vgl. Abbildung 2.7



Abb. 2.5: Einrollen der Lippen



Abb. 2.6: Aufblasen der Wangen



Abb. 2.7: submandibuläres Luftpolster, Stau der V. jugularis externa

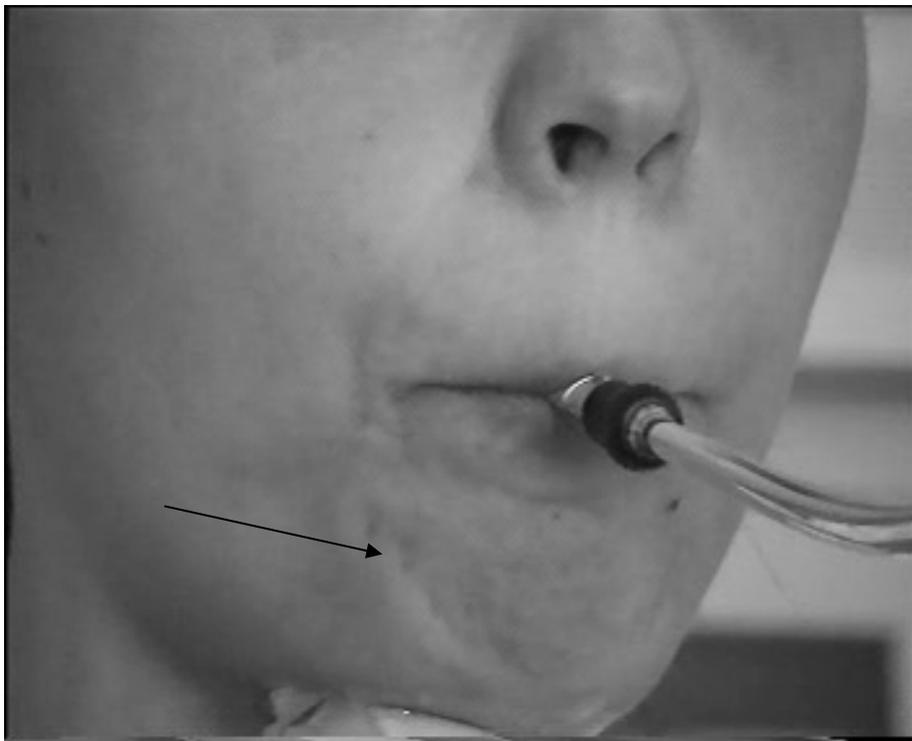


Abb. 2.8: Anspannung des M. mentalis (sog. Orangenhaut-Phänomen)

Dabei wurden Punktwerte vergeben, je nachdem welche der Zeichen auf den Videoaufnahmen zu sehen waren. Wenn ein Symptom nicht vorhanden war, dann bekam der Proband für dieses Symptom keinen Punkt. Wenn das Symptom vorhanden war, bekam er jeweils einen Punkt für jedes vorhandene Symptom. Es wurde nur zwischen *vorhanden* und *nicht vorhanden* differenziert, da eine visuelle semiquantitative Auswertung erfolgte. Da sich die jeweiligen Symptome nicht leicht quantitativ erfassen lassen, wurde keine objektive Messung bezüglich des Ausprägungsgrades der Parameter angestrebt.

Hatte ein Proband z.B. eingerollte Lippen, aufgeblasene Wangen und einen Halsvenenstau beim Spielen seines Instrumentes, aber keines der anderen Symptome, so bekam er den Punktwert drei zugeordnet.

2.6 Weitere mögliche Methoden

Folgende alternative Untersuchungsmöglichkeiten der Gesichts- und Zungenmuskulatur beim Spielen von Blasinstrumenten, die ein umfassenderes Bild der involvierten Faktoren liefern könnten, fanden bei dieser Untersuchung keine Verwendung:

- a) Die Darstellung des bläserischen Ansatzes (Mundöffnung, Kieferweite und Zungenmuskulatur) im Fernröntgenbild (Landeck & Döll 1974; Kuroszczyk & Lampert 1983), die Röntgenkinematographie (Šram et al. 1989c; Šram 1995; Šram & Švec 2000) sowie die Röntgenfluoroskopie (Weait & Shea 1990; Kahane et al. 2006) waren aufgrund der Strahlenbelastung obsolet.
- b) Es wurden keine stroboskopischen Aufnahmen der Lippenschwingungen (Copley & Strong 1996; Schneider & Seidner 2001; Šram & Švec 2000; Šram et al. 1989c) durchgeführt, da die hierzu verwendeten Plexiglasmundstücke gefenstert sind, was eine Tonerzeugung unmöglich macht, da es zu einem Luftverlust kommt. Ein weiteres Argument gegen diese Methode war, dass die Fixierung des Endostroboskopes bisher noch nicht möglich ist, was zu einer freihändigen Fokussierung der Optik zwingt. So entstehen immer wieder Artefakte durch Kopf- oder Körperbewegungen der Probanden mit häufig schlechter Abbildungsqualität. Des Weiteren hätte sich der zeitliche Aufwand der Untersuchung pro Proband deutlich erhöht (Anmerkung: ohne Lippenstroboskopie betrug die Untersuchungsdauer für jeden Proband bereits 1,5 Stunden).

- c) Gegen das EMG (Fuhrmann et al. 1987; Gross et al. 1996; Mehnert et al. 1983; Šram et al. 1989b; Howard et al. 1989; Brandfonbrener & Blatt 1990; Lapatki & Jonas 2001) zur Interpretation des Bewegungsablaufes der Gesichts- und Halsmuskulatur sprach, dass es zu zeitaufwendig, während des Instrumentenspiels zu belastend und damit unphysiologisch war. Vor allem die perioral angebrachten EMG-Elektroden hätten die Musiker daran gehindert, das Blasinstrument in der gewohnten Position zu halten und den bläserischen Ansatz von Ober- und Unterlippe unphysiologisch verändert.

Zusätzlich besteht durch den aufgewendeten Druck beim Aufsetzen des Ultraschallkopfes die Wahrscheinlichkeit, dass die empfindlichen EMG-Elektroden diesen Druck als Artefakte registrieren und es somit zu Signalverzerrungen kommt.

- d) Man hätte zudem den Lippendruck auf die Zähne messen können. Hierzu wäre es allerdings erforderlich gewesen, „hook electrodes“ an die Lippen zu hängen (Fuhrmann et al. 1987). Dieser sehr invasive Ansatz hätte eine deutliche Behinderung während des Spielens bedeutet.
- e) Die Visualisierung der während des Einblasvorgangs beteiligten Gesichts- und Halsmuskulatur mittels Infrarot-Thermographie stünde als weitere Untersuchungsoption zur Verfügung (Bertsch & Maca 2008). Bei diesem Verfahren besteht der Nachteil darin, dass die Probanden vier Stunden vorher nüchtern sein müssen, nicht rauchen dürfen, und ein zusätzlicher zeitlicher Aufwand erforderlich ist.
- f) Die Darstellung des M. orbicularis oris mittels Ultraschall (Arcier & Vernay 1994; Rosset i Lobet 2005) fand in der vorliegenden Untersuchung keine Verwendung, da mit diesem Ansatz das gleichzeitige Spielen des Instrumentes nicht bzw. nur sehr eingeschränkt möglich wäre.

2.7 Subjektive Darstellung der Lautstärke

Die Angaben *piano*, *mezzoforte* und *fortissimo* wurden verwendet, da sie gängig sind, obwohl hiermit keine physikalisch messbare Lautstärke in dB gemeint sein kann. Sie sind relativ und werden von folgenden Faktoren beeinflusst:

1. Zeitgeist

2. Temperament des Musikers
3. künstlerische Freiheit des Dirigenten
4. Die maximale Lautstärke kann instrumentenabhängig sein: Beispielsweise kommt es beim Versuch, sehr laut zu spielen, auf der Blockflöte häufig zum „Überblasen“, d. h. es wird in eine höhere Oktave gewechselt.

2.8 Statistische Datenanalyse

Die Eingabe der statistischen Daten sowie deren Auswertung erfolgte mit Hilfe des Programms *SPSS für Windows* (Versionen 12 und 18, Chicago/Illinois, USA). Das Signifikanzniveau wurde in allen Analysen auf fünf Prozent festgelegt. Die Analysen wurden parametrisch durchgeführt. Parametrische Verfahren haben im Gegensatz zu nicht parametrischen Auswertungen den Vorteil einer höheren statistischen Power (d.h. vorhandene Effekte können leichter entdeckt werden). Es wurden die folgenden statistischen Verfahren eingesetzt:

1. Berechnung von multiplen Regressionen nach der Methode der kleinsten Quadrate
2. Durchführung von multivariaten Varianzanalysen
3. Berechnung einer Oneway-ANOVA mit anschließenden Post hoc-Tests (Tamhane-T2).

Einzelheiten dieser statistischen Auswertverfahren sind in den Standardwerken von Bortz (2004), Bortz et al. (2000) und Bühl & Zöfel (2005) beschrieben. Dort finden sich auch tiefere Erläuterungen der verwendeten Standardverfahren und -parameter wie z.B. Dummyvariablen, Messwiederholungsfaktor, Freiheitsgrade (df), Korrelationskoeffizienten (r) oder Bestimmtheitsmaße (r^2).

2.8.1 Einflüsse auf Zungenrückenamplituden und orofaciale Anspannung

Um verschiedene Einflussfaktoren auf die Zungenrückenbewegungen (gemessene Amplituden bei gestoßenem *mf*-Spiel, vgl. Kap. 2.5.1) und die Beanspruchung von Gesichts- und Halsmuskulatur (vgl. Kap. 2.5.2) zu analysieren, wurden multiple Regressionen berechnet. Die geprüften Einflussfaktoren waren Alter in Jahren, Vorerfahrung in Jahren, Übezeit pro Tag in Minuten sowie die Art des Instrumentes, kodiert über Dummyvariable: Flöte ja/nein, Trompete ja/nein. Die Regressionsrechnungen erfolgten „rückwärts“. Das bedeutet, dass zunächst alle Faktoren in das Re-

gressionsmodell aufgenommen werden. Danach werden die nicht aussagekräftigen Faktoren schrittweise entfernt. Die Regressionsanalyse wurde ohne Didgeridoos durchgeführt, weil diese Instrumente spezifische Charakteristika (z.B. keine Klappen, Ventile oder Grifflöcher; kein Mundstück, kein Rohrblatt) aufweisen.

2.8.2 Lautstärke und Artikulation

Um die Bedeutung unterschiedlicher Spielweisen für die Zungenrückenamplituden zu prüfen, wurden Varianzanalysen mit den Messwiederholungsfaktoren „Artikulation“ und „Lautstärke“ eingesetzt.

In der ersten 2 x 3-faktoriellen Varianzanalyse wurde der Einfluss der Faktoren „Artikulation“ (*gebunden* vs. *gestoßen* als Messwiederholungsfaktor) und der „Instrumentenklasse“ (Flöteninstrumente, Rohrblattinstrumente und Trompeteninstrumente) auf die Zungenrückenamplituden bei mittlerer Lautstärke und gestoßener Spielweise untersucht.

In der zweiten, jetzt 3 x 3-faktoriellen Varianzanalyse wurde die Bedeutung der beiden Faktoren „Lautstärke“ bei gestoßenem Spiel (Messwiederholungsfaktor: *piano*, *mezzoforte*, *fortissimo*) und „Instrumentenklasse“ geprüft.

Um ergänzend und orientierend die nicht nach dem o. g. Notenblatt gespielten Didgeridoos mit den anderen Instrumenten zu vergleichen, wurde eine ein-faktorielle Varianzanalyse mit anschließenden Post hoc-Tests durchgeführt. Die unabhängige Variable war die Instrumentenklasse, die abhängigen Variablen waren die Amplitude der Zungenrückenbewegung und die Anspannung der orofacialen Muskulatur beim Spielen des jeweiligen Instrumentes. Post hoc-Tests nach Tamhane-T2 ermöglichen als voraussetzungsarmes Verfahren eine vergleichende Betrachtung der Unterschiede zwischen Didgeridoos und den anderen Instrumenten.

3. Ergebnisse

3.1 Probanden

3.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Die Untersuchungen wurden an 23 weiblichen Probanden im Alter zwischen 16 und 51 Jahren und an 15 männlichen Probanden im Alter zwischen 14 und 58 Jahren durchgeführt. Alle Probanden wiesen eine gut reproduzierbare Zungenrückenkontur beim Spielen der Töne auf, so dass keiner der Probanden ausgeschlossen werden musste.

3.1.2 Instrumentenklassen

Die Probanden spielten insgesamt elf verschiedene Instrumente, welche zu drei Instrumentenklassen zusammengefasst wurden. Abb. 3.1 demonstriert die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Instrumente und Klassen:

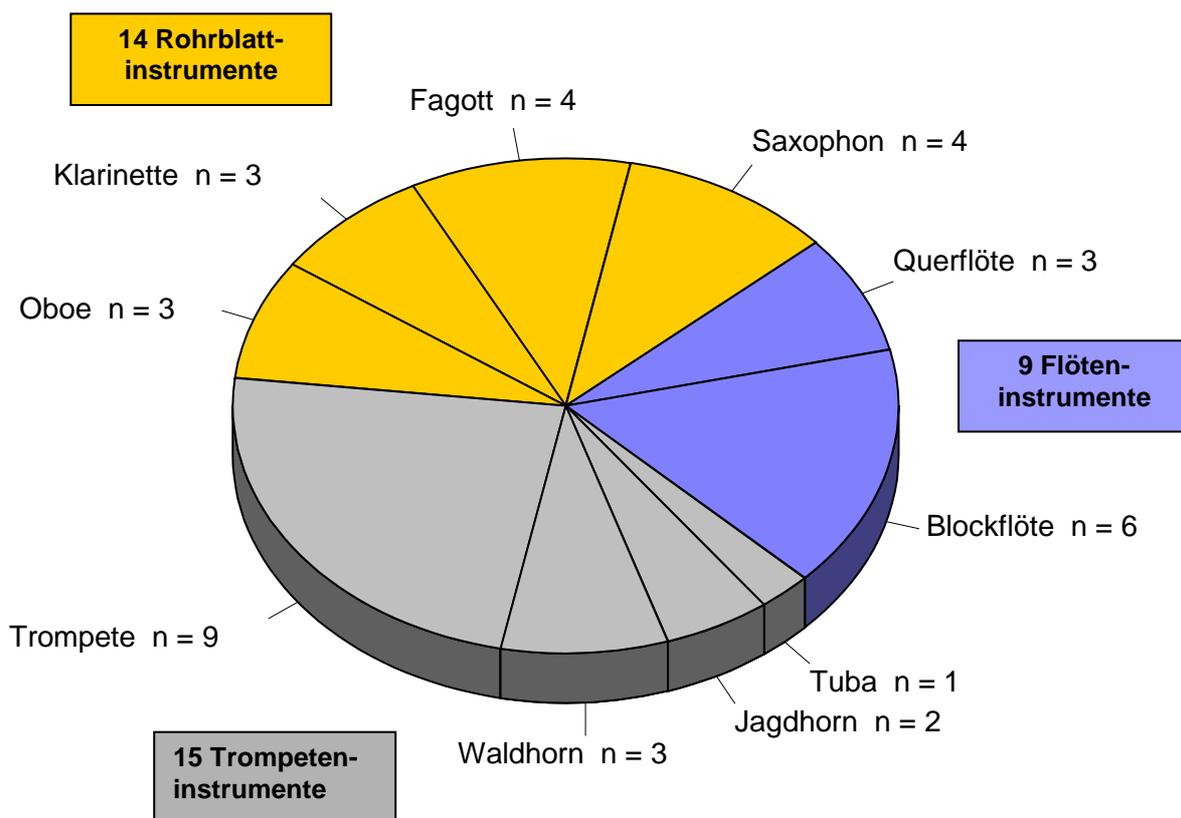


Abb. 3.1: Häufigkeit der einzelnen Instrumente bei insgesamt 38 Probanden

Aufgrund der annähernd gleichen Anzahl der Probanden je Gruppe sind Flöteninstrumente, Rohrblattinstrumente und Trompeteninstrumente gut vergleichbar. Ergän-

zend wurden vier Musiker mit Naturinstrumenten (Didgeridoos) in die Untersuchung aufgenommen. Diese dienen aufgrund ihrer Spielweise und der kleinen Gruppe von vier Musikern nur Vergleichszwecken und werden überwiegend deskriptiv betrachtet, in die meisten statistischen Analysen aber nicht aufgenommen.

3.1.3 Lungenfunktion

Da der Atemantrieb bei Blasinstrumentenspielern eine wesentliche Rolle spielt, wollten wir sicher gehen, dass nur solche Probanden in die Studie eingeschlossen werden, die eine altersgemäß normale Lungenfunktion aufweisen. Nachstehende Tab. 3.1 zeigt die Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfungen. Zur Erleichterung der Vergleichbarkeit nach Alter und Geschlecht sind hier die Abweichungen vom Sollwert dargestellt (Sollwert = 100%):

Tab. 3.1: Ergebnisse der Lungenfunktionstests (jeweils % vom Sollwert)

Parameter		gesamt	Instrumentenklasse			
			Flöten	Rohrblatt	Trompeten	Natur
VC	MW	105,8	103,6	105,3	108,3	102,5
	SD	12,1	18,3	10,9	9,9	8,0
	Min	73,0	73,0	84,9	93,9	95,4
	Max	128,0	128,0	124,0	125,0	112,0
IC	MW	94,8	85,5	99,0	98,8	86,0
	SD	18,4	19,9	18,9	16,0	19,8
	Min	61,1	64,5	78,4	70,6	61,1
	Max	131,0	122,0	131,0	124,0	107,0
FVC	MW	106,9	111,3	103,9	106,7	108,2
	SD	16,0	25,0	12,6	12,6	17,3
	Min	65,8	65,8	80,6	81,8	82,9
	Max	157,0	157,0	124,0	126,0	122,0
FEV1	MW	109,0	109,4	106,8	111,3	107,3
	SD	12,4	18,9	9,2	10,5	14,4
	Min	69,8	69,8	95,0	97,0	94,6
	Max	142,0	142,0	127,0	128,0	125,0
FEV1 % VC	MW	100,5	98,8	102,4	100,5	97,2
	SD	7,9	8,7	7,3	7,9	8,6
	Min	83,9	83,9	90,5	89,5	85,2
	Max	118,0	113,0	116,0	118,0	104,0
PEF	MW	108,1	103,1	103,8	114,9	109,3
	SD	24,6	27,0	21,3	28,8	9,3
	Min	64,2	64,2	70,9	85,0	100,0
	Max	190,0	133,0	140,0	190,0	121,0
MEF50	MW	95,6	87,5	107,0	94,2	79,6
	SD	21,7	19,0	20,7	20,9	19,2
	Min	51,9	51,9	80,4	72,0	59,2
	Max	153,0	113,0	138,0	153,0	103,0

Min = minimaler Wert; Max = maximaler Wert; SD = Standardabweichung

3.1.4 Alters- und Geschlechtsverteilung für die einzelnen Instrumentenklassen

Tab. 3.2 zeigt neben dem mittleren Alter auch, wie unterschiedlich die Vorlieben für die Instrumente zwischen weiblichen und männlichen Probanden verteilt sind. So sind zwei Drittel der Spieler von Trompeteninstrumenten männlich, dagegen findet sich unter den Flötenspielern lediglich ein Musiker.

Tab. 3.2: Alter der Versuchspersonen getrennt nach Geschlecht und Instrumentenklasse

		Gesamt	männlich	weiblich
Stichprobe insgesamt (ohne Naturinstrumente)	MW	27,6	29,1	26,6
	SD	10,6	12,4	9,4
	n	38	15	23
	Min	14,0	14,0	16,0
	Max	58,0	58,0	51,0
Flöteninstrumente	MW	29,3	19,0	30,6
	SD	12,9	.	13,2
	n	9	1	8
	Min	16,0	19,0	16,0
	Max	51,0	19,0	51,0
Rohrblattinstrumente	MW	25,9	29,0	24,6
	SD	11,3	19,8	6,9
	n	14	4	10
	Min	14,0	14,0	18,0
	Max	58,0	58,0	36,0
Trompeteninstrumente	MW	28,1	30,1	24,0
	SD	8,9	9,9	5,2
	n	15	10	5
	Min	17,0	21,0	17,0
	Max	48,0	48,0	29,0
Naturinstrumente	MW		31,0	
	SD		10,0	
	n		4	
	Min		25,0	
	Max		46,0	

n = Anzahl

Naturinstrumente wurden gar ausschließlich von Männern gespielt. Aufgrund dieser Verteilung wurde auf eine geschlechtsspezifische Auswertung bzw. Untersuchung des Faktors „Geschlecht“ verzichtet.

3.1.5 Übezeiten

Die Spieler der verschiedenen Instrumente berichteten sehr unterschiedliche Übezeiten. Während einzelne Musiker angaben, gar nicht zu üben, betrug das berichtete Maximum mehr als vier Stunden pro Tag (270 Minuten). Tab. 3.3 gibt einen Überblick über die Angaben zur Übezeit pro Tag (in Minuten):

Tab. 3.3: Übezeit der Probanden in Minuten pro Tag

		gesamt	männlich	weiblich
Stichprobe insgesamt	MW	98,2	145,5	67,3
(ohne Naturinstrumente)	SD	90,9	90,6	78,3
	n	38	15	23
	Min	0,0	10,0	0,0
	Max	270,0	270,0	240,0
Flöteninstrumente	MW	34,4	15,0	36,8
	SD	56,4	.	59,8
	n	9	1	8
	Min	0,0	15,0	0,0
	Max	180,0	15,0	180,0
Rohrblattinstrumente	MW	88,6	85,0	90,1
	SD	76,7	71,4	82,3
	n	14	4	10
	Min	10,0	10,0	10,0
	Max	240,0	180,0	240,0
Trompeteninstrumente	MW	145,4	182,8	70,7
	SD	97,2	77,6	95,1
	n	15	10	5
	Min	13,0	13,0	15,0
	Max	270,0	270,0	240,0
Naturinstrumente	MW		11,3	
	SD		4,8	
	n		4	
	Min		5,0	
	Max		15,0	

Insgesamt üben Frauen offenbar weniger als ihre männlichen Kollegen. Verantwortlich für diese Differenz ist der große Unterschied bei den Trompeteninstrumenten. Hier üben die männlichen Musiker mehr als doppelt so lange wie Musikerinnen. Auffällig ist der vergleichsweise geringe Aufwand, den die männlichen Naturinstrumentalisten betreiben.

In der multivariaten Prüfung der Faktoren, die auf die Übezeit einen Einfluss haben, finden sich signifikante Differenzen für den Faktor Instrument ($F = 4,7$; $df = 3$; $p < 0,01$). Das Geschlecht hat statistisch keine Bedeutung. Auf die oben beschriebene Beziehung zwischen Übezeit und Geschlecht gibt es zumindest Hinweise ($F = 2,4$;

df = 2; $p = 0,1$). Signifikante Unterschiede in der mittleren Übungszeit finden sich zwischen Naturinstrumenten einerseits und Rohrblattinstrumenten ($p < 0,05$) bzw. Trompeten ($p < 0,01$) andererseits, ebenso wie zwischen Flöten und Trompeten ($p < 0,05$). Folgende Abb. 3.2. illustriert noch einmal die teils erheblichen Unterschiede in der mittleren Übezeit nach Instrumenten.

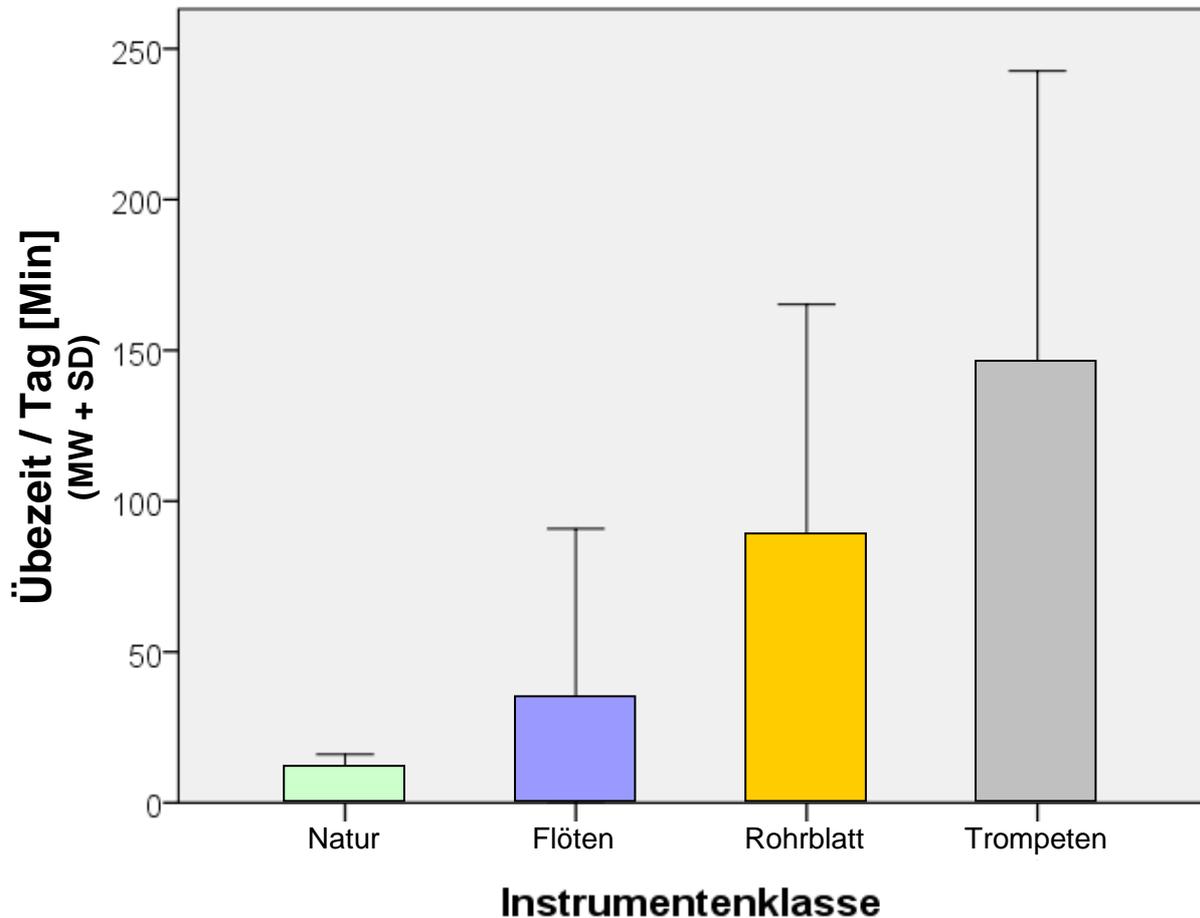


Abb. 3.2: durchschnittliche Übezeit in Minuten pro Tag bei verschiedenen Instrumentenklassen

3.1.6 Vorerfahrung und Kenntnisstand

Die meisten Probanden bezeichnen sich selbst als „fortgeschrittene Hobbymusiker“. Einige sind „Profis“ ($n = 6$), daneben waren aber auch Anfänger ($n = 3$) vertreten. Folgende Tab. 3.4 zeigt den Stand der Vorerfahrung der Musiker mit ihrem Instrument, der Durchschnitt beträgt etwa elf Jahre. Die einzelnen Instrumentengruppen erweisen sich, mit Ausnahme der Naturinstrumente als weitgehend vergleichbar.

Tab. 3.4: Vorerfahrung der Probanden mit ihrem Instrument in Jahren

		gesamt	männlich	weiblich
Stichprobe insgesamt	MW	12,1	14,7	10,3
(ohne Naturinstrumente)	SD	7,7	6,3	8,2
	n	38	15	23
	Min	1,0	5,0	1,0
	Max	40,0	33,0	40,0
Flöteninstrumente	MW	11,4	12,0	11,4
	SD	11,8	.	12,7
	n	9	1	8
	Min	1,0	12,0	1,0
	Max	40,0	12,0	40,0
Rohrblattinstrumente	MW	9,5	9,8	9,4
	SD	3,8	4,1	3,9
	n	14	4	10
	Min	5,0	5,0	5,0
	Max	17,0	15,0	17,0
Trompeteninstrumente	MW	14,8	17,0	10,4
	SD	7,0	6,2	7,0
	n	15	10	5
	Min	3,0	11,0	3,0
	Max	33,0	33,0	18,0
Naturinstrumente	MW		0,8	
	SD		1,5	
	n		4	
	Min		0,0	
	Max		3,0	

Auch hier wird wieder die Sonderstellung der Naturinstrumente deutlich, deren Spieler erheblich weniger Erfahrung als die Probanden der anderen Instrumentenarten haben. Drei der vier Instrumentalisten sind absolute Anfänger. Lediglich ein Musiker hat drei Jahre Erfahrung aufzuweisen. Im Mittel beträgt die bisherige Spielerfahrung mit den Didgeridoos daher nicht einmal ein Jahr.

3.1.7 Zusammenhang zwischen Vorerfahrung und Übezeit

Zwischen der wöchentlich aufgewendeten Übezeit und der Vorerfahrung war eine deutliche Kovariation zu beobachten. Folgende Abb. 3.3 zeigt die Verteilung bei den 38 Musikern (ohne Naturinstrumente):

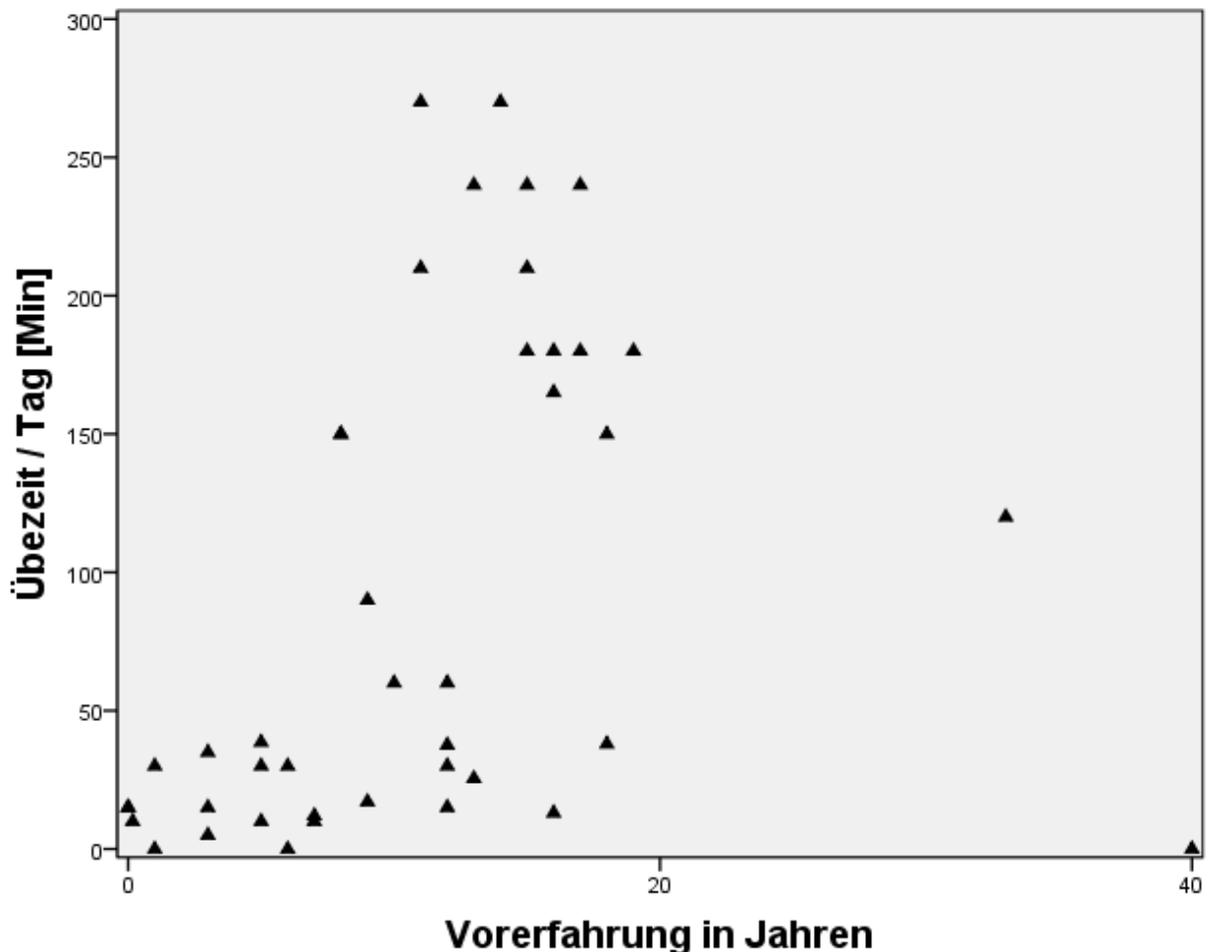


Abb. 3.3: Kovariation von Übezeit und Vorerfahrung

Ausgerechnet der Proband mit der längsten Vorerfahrung gibt an, gar nicht zu üben. Lässt man ihn als besonderen Fall außer Acht, so zeigt sich ein recht enger korrelativer Zusammenhang: Je länger ein Musiker sein Instrument bereits spielt, desto mehr Zeit wendet er auch täglich zum Üben auf ($r = 0,49$; $p < 0,01$). Betrachtet man nur die 36 Musiker mit Vorerfahrungen bis 20 Jahre, so beträgt die Korrelation gar $0,58$ ($p < 0,001$).

3.2 Zungenrückenamplituden

3.2.1 Zungenrückenamplituden und Instrumentenklasse

Die gemessenen mittleren Zungenrückenamplituden (ZRA) der Musiker sind recht ähnlich ausgeprägt (Tab. 3.5): Die durchschnittlichen ZRA der Flöteninstrumente liegen etwa 25% unter jenen der Trompeten- und Rohrblattinstrumente (nicht signifikant). Gänzlich anders verhalten sich die Naturinstrumente: Hier übertrifft noch die geringste der beobachteten ZRA die höchste ZRA der drei anderen Instrumentenklassen ($df = 3$; $F = 40,5$; $p < 0,001$).

Tab. 3.5: Zungenrückenamplituden in cm bei Spielweise „*mezzoforte* gestoßen“

		gesamt	männlich	weiblich
Stichprobe insgesamt (ohne Naturinstrumente)	MW	1,1	1,1	1,1
	SD	0,4	0,4	0,5
	n	38	15	23
	Min	0,3	0,6	0,3
	Max	2,3	2,0	2,3
Flöteninstrumente	MW	0,8	0,9	0,8
	SD	0,3		0,3
	n	9	1	8
	Min	0,3	0,9	0,3
	Max	1,2	0,9	1,2
Rohrblattinstrumente	MW	1,2	1,0	1,2
	SD	0,6	0,2	0,6
	n	14	4	10
	Min	0,4	0,8	0,4
	Max	2,3	1,2	2,3
Trompeteninstrumente	MW	1,2	1,2	1,2
	SD	0,4	0,4	0,1
	n	15	10	5
	Min	0,6	0,6	1,0
	Max	2,0	2,0	1,3
Naturinstrumente	MW		4,0	
	SD		1,1	
	n		4	
	Min		2,4	
	Max		4,9	

Abb. 3.4 macht den erheblichen Unterschied eindrucksvoll anschaulich:

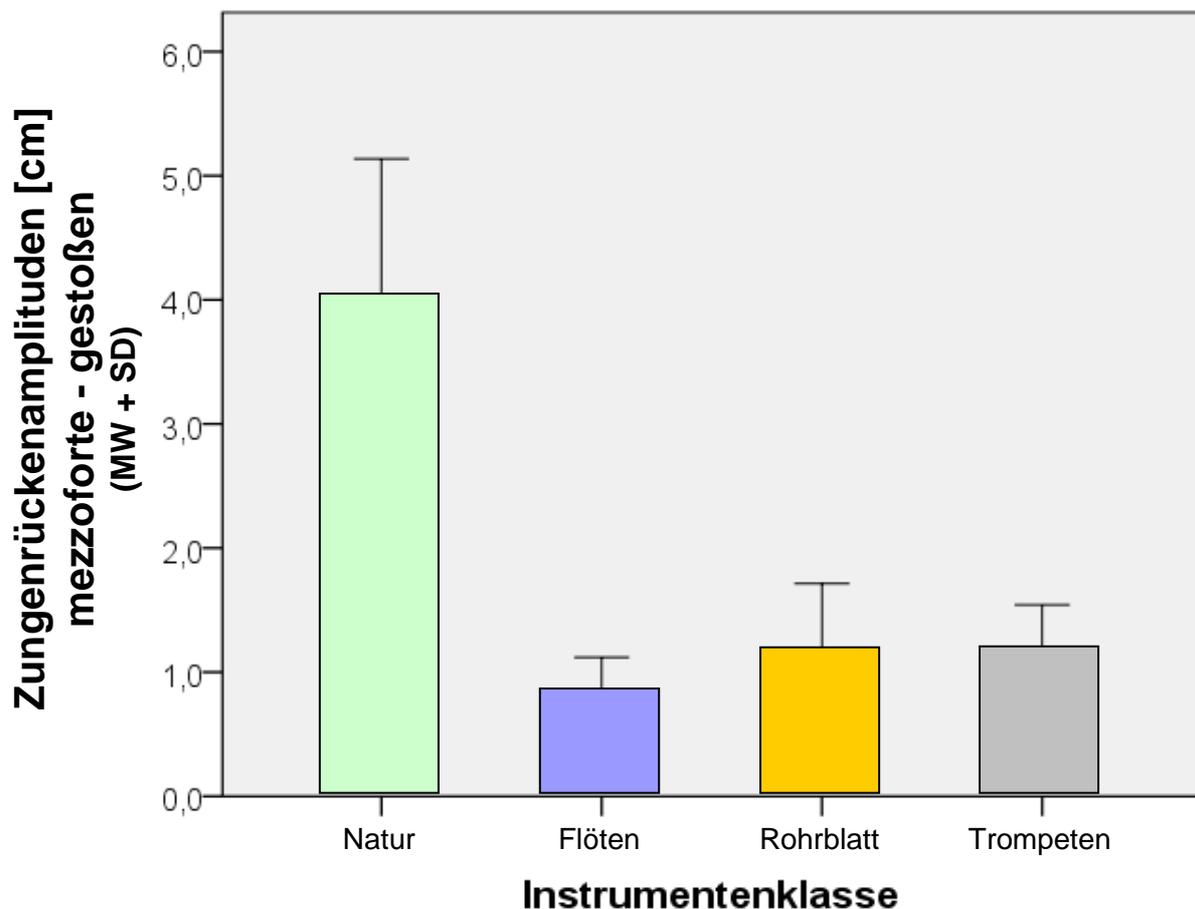


Abb. 3.4: durchschnittliche Zungenrückenamplituden in cm bei verschiedenen Instrumentenklassen

Zur Analyse der Einflussfaktoren auf die gemessenen Zungenrückenamplituden wurden die Naturinstrumente deshalb in der Regressionsrechnung nicht berücksichtigt.

Die Bedeutung der Faktoren „Alter“ und „Vorerfahrung“ (in Jahren), „tägliche Übezeit“ (in Minuten) sowie „Art des Instrumentes“ für die gemessenen Zungenrückenamplituden wurde mit Hilfe einer linearen Regressionsrechnung (schrittweise) geprüft. Dabei erwies sich lediglich die Art des Instrumentes als bedeutsam. Wie oben beschrieben, sind die ZRA bei Flöteninstrumentenspielern kleiner als bei Trompeten- und Rohrblattinstrumentenspielern. Die anderen Prädiktoren zeigten keinen Einfluss auf die ZRA. Das Modell klärt allerdings mit 11% nur einen recht geringen Anteil der beobachteten Varianz auf ($df = 1$; $F = 4,465$; $p < 0,05$; $r = 0,332$).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass in dieser Untersuchung weder Alter noch Vorerfahrung oder Übezeit der Probanden einen Einfluss auf die beobachteten

ZRA haben. Lediglich bei Flötenspielern fallen die ZRA besonders klein aus. Naturinstrumente sind mit den anderen Blasinstrumenten nicht vergleichbar, ihre ZRA sind erheblich größer.

3.2.2 Zungenrückenamplituden und Artikulation

Tab. 3.6 gibt einen Überblick über die mittleren ZRA in cm je nach Spielweise und Art des Instruments:

Tab. 3.6: Zungenrückenamplituden in cm bei gebundener vs. gestoßener Artikulation im *mezzoforte*

		gebunden	gestoßen	Differenz gest.-geb.
Stichprobe insgesamt	MW	0,5	1,1	0,6
	SD	0,5	0,4	0,6
	n	38	38	38
	Min	0,0	0,3	0,4
	Max	1,7	2,3	2,3
Flöteninstrumente	MW	0,3	0,8	0,5
	SD	0,4	0,3	0,5
	n	9	9	9
	Min	0,0	0,3	0,1
	Max	1,1	1,2	1,2
Rohrblattinstrumente	MW	0,3	1,2	0,9
	SD	0,6	0,5	0,7
	n	14	14	14
	Min	0,0	0,4	0,1
	Max	1,7	2,3	2,3
Trompeteninstrumente	MW	0,7	1,2	0,5
	SD	0,4	0,4	0,6
	n	15	15	15
	Min	0,0	0,6	0,4
	Max	1,4	2,0	1,5

Der Einfluss unterschiedlicher Artikulation sowie der Art des Instrumentes auf die Zungenrückenamplituden wurden in einer Varianzanalyse (2x3 faktoriell) geprüft. Da

jeder Musiker sein Instrument einmal in gestoßener und ebenso in gebundener Spielweise spielte, wurden diese beiden ZRA als Messwiederholung aufgefasst.

Die ZRA fallen bei gestoßener Spielweise deutlich größer aus als bei gebundener ($F = 41,3; p < 0,001$). Der Unterschied zwischen gestoßener und gebundener Spielweise scheint bei Rohrblattinstrumenten etwas größer zu sein als bei den anderen Instrumenten, ist aber nicht signifikant. Insgesamt bleiben die oben gezeigten Unterschiede zwischen den Instrumentenklassen bestehen: Flötenspieler weisen kleinere ZRA auf, Trompetenspieler die größten. Zur besseren Übersicht dient untenstehende Abb. 3.5, in welcher die ZRA bei gebundener (geb) und gestoßener (gest) Artikulation nebeneinander dargestellt sind:

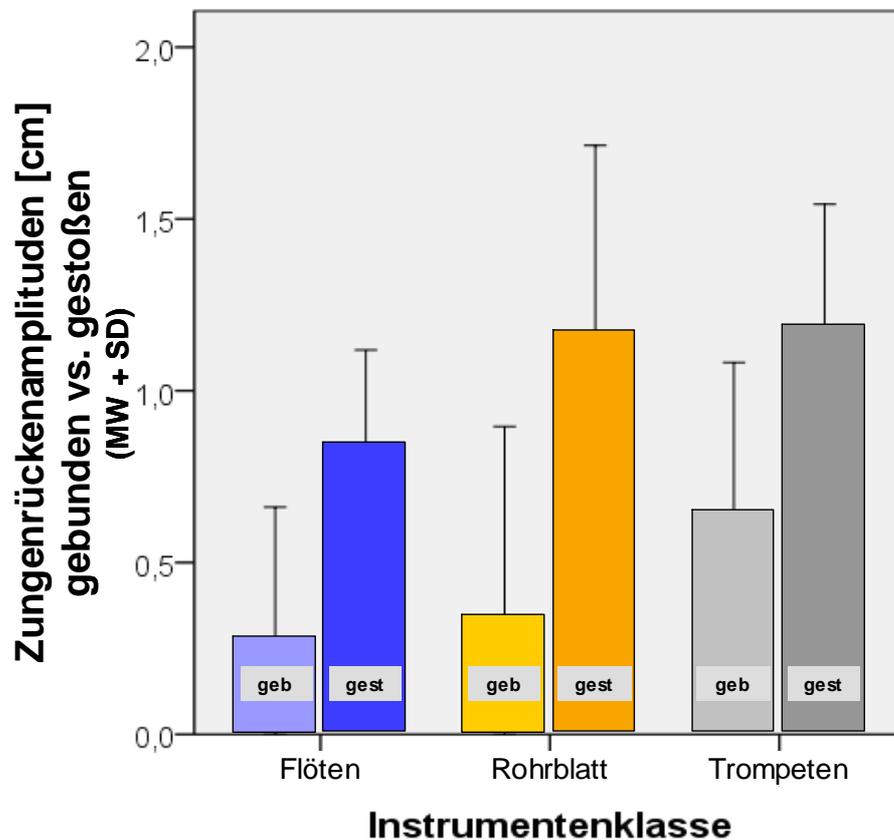


Abb. 3.5: mittlere Zungenrückenamplituden bei gebundener vs. gestoßener Artikulation in verschiedenen Instrumentenklassen (Lautstärke: *mezzoforte*)

3.2.3 Zungenrückenamplituden und Lautstärke

In der zweiten multivariaten Varianzanalyse wurde der Einfluss der Lautstärke (*piano*, *mezzoforte*, *fortissimo*) auf die ZRA bei gestoßener Spielweise untersucht. Erneut wurde auch nach Instrumentenklassen der Probanden unterschieden. In Tab. 3.7 wird ersichtlich, wie deutlich die ZRA mit der Lautstärke anwachsen: Mit jeder Lautstärkestufe sind es etwas mehr als 0,2 cm ($F = 11,65$; $p < 0,001$). Die unter 3.2 bereits dargestellten Differenzen zwischen den Instrumentenklassen bleiben auch bei verschiedenen Lautstärken erhalten. Insgesamt sind die ZRA bei den Flöteninstrumenten besonders klein, bei den Trompeteninstrumenten am größten ($F = 5,3$; $p \leq 0,01$).

Tab. 3.7: Zungenrückenamplituden in cm und Lautstärke

		<i>piano</i>	<i>mezzoforte</i>	<i>fortissimo</i>
Stichprobe insgesamt	MW	0,8	1,1	1,3
	SD	0,4	0,4	0,7
	n	38	38	38
	Min	0,0	0,3	0,4
	Max	1,6	2,3	3,6
Flöteninstrumente	MW	0,6	0,8	0,9
	SD	0,3	0,3	0,3
	n	9	9	9
	Min	0,0	0,3	0,4
	Max	0,8	1,2	1,2
Rohrblattinstrumente	MW	0,9	1,2	1,4
	SD	0,3	0,5	0,8
	n	14	14	14
	Min	0,5	0,4	0,6
	Max	1,5	2,3	3,6
Trompeteninstrumente	MW	0,9	1,2	1,5
	SD	0,3	0,4	0,6
	n	15	15	15
	Min	0,5	0,6	0,6
	Max	1,6	2,0	2,9

Wie Abb. 3.6 zeigt, scheint der Unterschied zwischen „*mezzoforte*“ und „*fortissimo*“ bei den Flöten eher gering, wohingegen es hier bei den anderen Instrumentenklassen ein nennenswertes Anwachsen der ZRA gibt (n.s.).

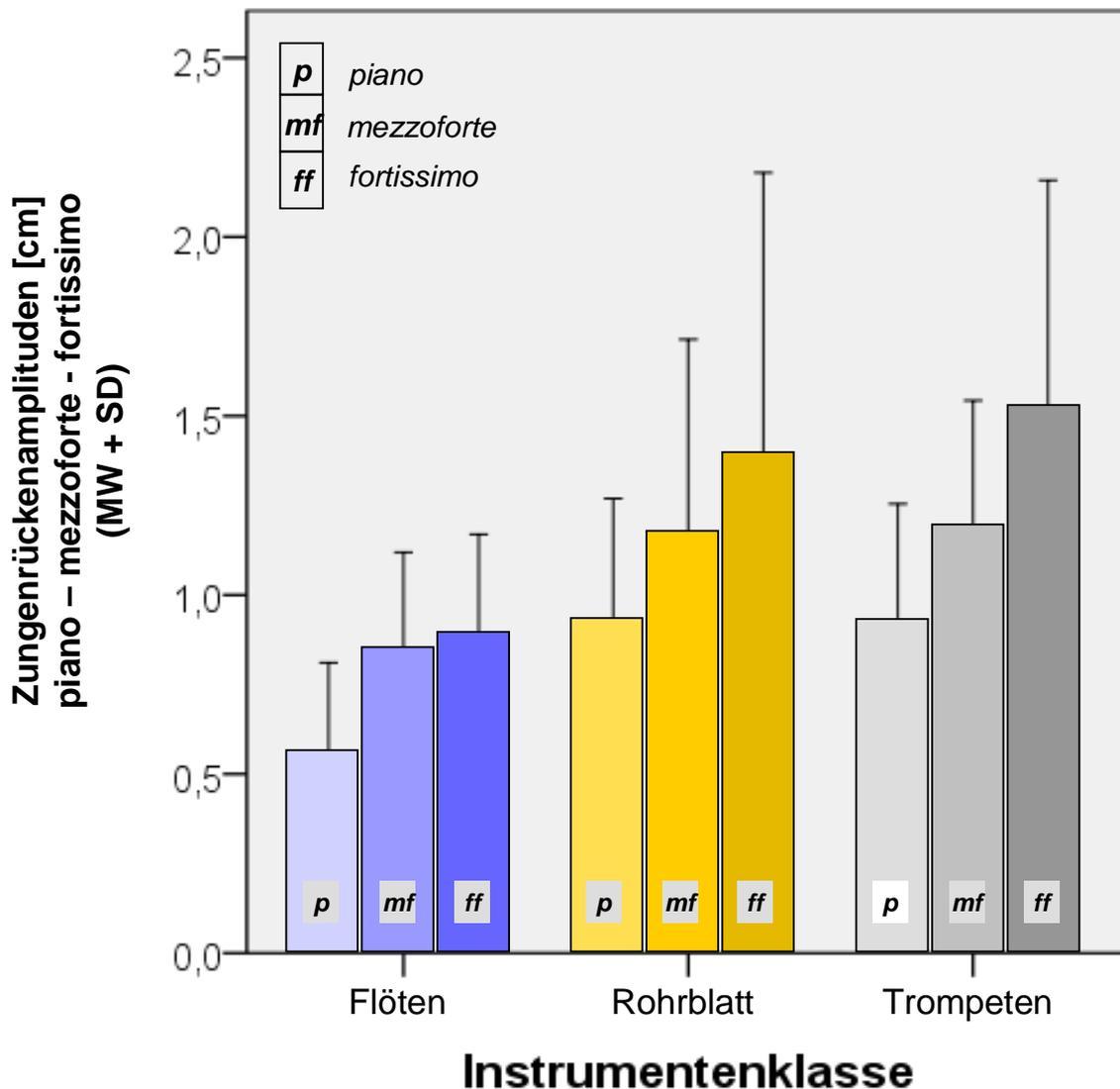


Abb. 3.6: mittlere Zungenrückenamplituden bei gestoßener Spielweise verschiedener Instrumentenklassen, jeweils im *p*, *mf* und *ff*

3.3 Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur

Die Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur wurde mithilfe eines semiquantitativen Ratingverfahrens erfasst (vgl. Kap. 2.5.2). Tab. 3.8 zeigt die Ergebnisse im Überblick:

Tab. 3.8: Orofaciale Anspannung in der Spielweise „*mezzoforte* gestoßen“

		gesamt	männlich	weiblich
Stichprobe insgesamt	MW	2,6	3,1	2,4
	SD	1,1	0,6	1,2
	n	38	15	23
	Min	1,0	2,0	1,0
	Max	5,0	4,0	5,0
Flöteninstrumente	MW	1,8	2,0	1,8
	SD	1,1	.	1,2
	n	9	1	8
	Min	1,0	2,0	1,0
	Max	4,0	2,0	4,0
Rohrblattinstrumente	MW	2,6	3,3	2,4
	SD	0,9	0,5	1,0
	n	14	4	10
	Min	1,0	3,0	1,0
	Max	4,0	4,0	4,0
Trompeteninstrumente	MW	3,1	3,1	3,2
	SD	0,8	0,6	1,3
	n	15	10	5
	Min	2,0	2,0	2,0
	Max	5,0	4,0	5,0

Auch zur Analyse der Anspannung von Gesichts- und Halsmuskulatur wurde eine multiple Regression durchgeführt. Für das Modell wurden wiederum die Prädiktoren „Alter“ und „musikalische Vorerfahrung“ in Jahren, „Übezeit“ und „Instrumentenklasse“ ausgewählt. Die Naturinstrumente blieben außen vor. Ähnlich wie bereits bei der Untersuchung der Zungenrückenamplituden erweist sich die Art des Instrumentes als wesentlicher und einzig bedeutender Einflussfaktor: Das Regressionsmodell belegt, dass Flötenspieler im Vergleich zu den anderen Blasmusikern in geringerem Maße sichtbare Anzeichen orofacialer Anspannung zeigen ($df = 1$; $F = 9,6$; $p < 0,01$). Mit etwa 20% der erklärten Varianz ($r^2 = 0,21$; $adj. r^2 = 0,19$) ist allerdings auch dieses Modell nur mäßig aussagekräftig.

Abb. 3.7 illustriert die Ergebnisse des Ratings der orofacialen Anspannung. Der Vergleich der mittleren Ratingscores zeigt signifikante Unterschiede zwischen den drei geprüften Instrumentenklassen ($df = 2$; $F = 5,9$; $p < 0,01$). Der post-hoc Test zeigt, dass die Differenz zwischen Flöten- und Trompeteninstrumenten statistisch signifikant ist ($p < 0,05$).

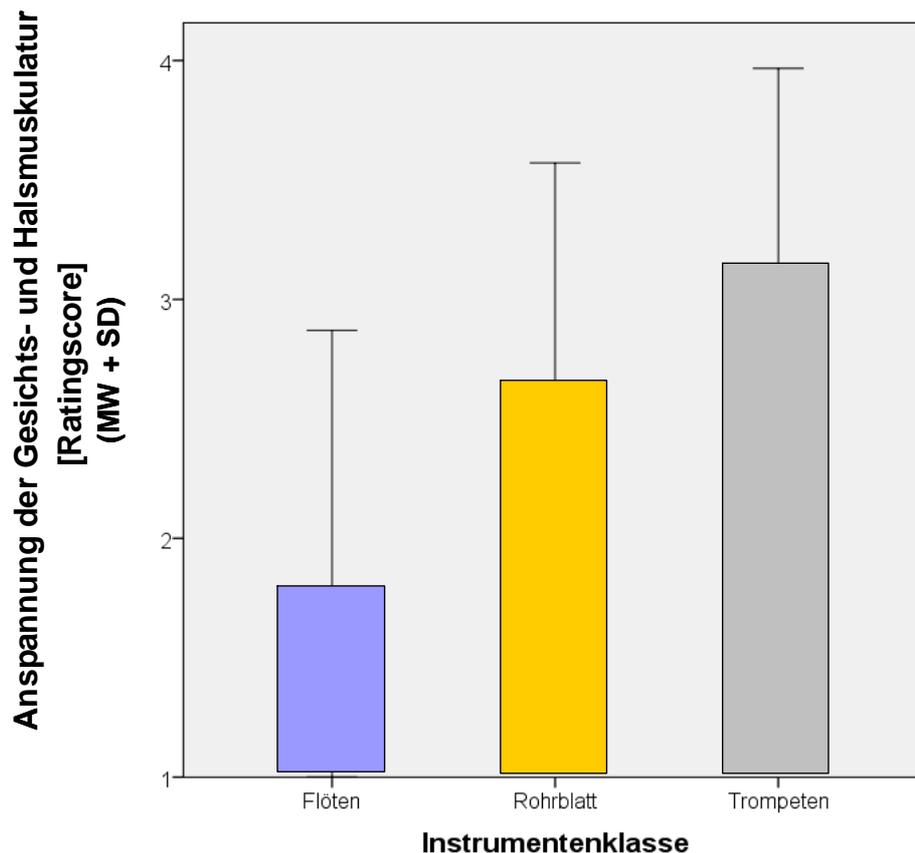


Abb. 3.7: Orofaciale Anspannung bei verschiedenen Instrumentenklassen

Flöteninstrumentenspieler spannen die Gesichts- und Halsmuskulatur am wenigsten, Rohrblattinstrumentenspieler stärker und Trompeteninstrumentenspieler am stärksten an (vgl. Kap. 1.5 / Fragen 3. und 4.)

Die Spieler der Naturinstrumente weisen orofaciale Anspannung in einem ähnlich niedrigen Ausmaß wie die Flötenspieler auf ($MW = 1,75$; $SD = 0,5$). Allerdings ist hier die Variationsbreite sehr viel geringer: Drei von den vier Musikern erhalten zwei, einer nur einen Rating-Punkt. Aufgrund der geringen Zahl untersuchter Probanden wurde auf eine statistische Prüfung verzichtet.

3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurde zunächst die Größe der Zungenrückenamplituden (ZRA) gemessen und danach geprüft, welche Zusammenhänge es zu Merkmalen der Musiker, der Instrumente und zu verschiedenen Spielweisen gibt.

Merkmale der Musiker wie Alter, Vorerfahrung und die tägliche Übezeit hatten in dieser Untersuchung keinen nachweisbaren Einfluss auf die beobachteten ZRA. Vielmehr variierten die ZRA mit Faktoren, die personenunabhängig sind; diese Faktoren beeinflussten die ZRA signifikant:

1. Art des Instrumentes:

Trompeten- und Rohrblattinstrumente erforderten größere ZRA als Flöten. Bei Instrumentalisten mit Naturinstrumenten (Didgeridoos) waren die ZRA noch einmal erheblich größer.

2. Spielweise:

Bei gestoßener Spielweise waren die gemessenen ZRA größer als bei gebundener Spielweise. Dieser Unterschied schien bei Rohrblattinstrumenten besonders groß zu sein.

3. Lautstärke:

Je lauter ein Instrument gespielt wurde, desto größer waren die ZRA. Dies gilt für alle drei Instrumentenklassen. Naturinstrumente wurden hier nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu den ZRA wurde die orofaciale Anspannung mit einem Ratingverfahren beurteilt und dann die oben beschriebenen Faktoren statistisch analysiert.

4. Orofaciale Anspannung:

Die orofaciale Anspannung variierte zwischen den drei Instrumentenklassen deutlich. Sie war bei Flöten eher niedrig, bei Trompetenspielern besonders hoch; es zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Die erhobenen o. g. Faktoren hatten keinen Einfluss auf die Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur.

4. Diskussion

4.1 Probanden

Im Unterschied zu Studien mit vergleichbarem Untersuchungsschwerpunkt (Weait & Shea 1990; Šram et al. 1991; Šram et al. 1989a) wurden in der vorliegenden Arbeit größere Stichproben untersucht und die zu vergleichenden Instrumentenuntergruppen in etwa gleich groß gehalten, was eine statistisch bessere Vergleichbarkeit und somit eine höhere Aussagekraft der Ergebnisse gewährleistet: In der vorliegenden Untersuchung bestanden die Instrumentengruppen (ohne die Naturinstrumente) aus elf bis 15 Instrumenten (die Naturinstrumentengruppe war mit vier Probanden die kleinste Gruppe). Studien anderer Autoren zur sonographischen Untersuchung der Zungenrückenkontur beim Blasinstrumentenspiel umfassten Probandenzahlen von insgesamt ein bis vier Probanden, so dass keine auswertbaren Untergruppen gebildet werden konnten (Šram et al. 1991; Šram & Svec 2000).

Eine geschlechtsspezifische Auswertung war in der vorliegenden Studie nicht möglich, da in den Instrumentengruppen - mit Ausnahme der Rohrblattinstrumente - jeweils ein Geschlecht deutlich überwog. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine natürlich vorkommende Population untersucht wurde, bei der Inhomogenitäten bezüglich der Instrumentenpräferenz zu erwarten waren. So werden beispielsweise Flöteninstrumente traditionell häufiger von Frauen gespielt.

4.2 Zungenrückenbewegungen

Die Auswertung der zungensonographischen Videosequenzen ergab, dass die Amplitude der Zungenrückenbewegungen weitgehend von der Instrumentenklasse beeinflusst wird: Flöteninstrumentenspieler weisen eine vergleichsweise geringe, Rohrblattinstrumentenspieler eine mittelgroße und Trompeteninstrumentenspieler eine große Amplitude der Zungenrückenbewegungen auf (vgl. Kap. 1.5 / Frage 1.).

Es zeigte sich also eine deutlich höhere Belastung der Zungenmuskulatur bei Trompeteninstrumentenspielern im Vergleich zu den übrigen Instrumentengruppen (vgl. Kap. 1.5 / Frage 4.). Die bisher zu diesem Thema durchgeführten Untersuchungen lassen leider aufgrund ihrer geringen Stichprobenzahl keine weiterführenden Schlüsse zu. Aus diesem Grund sind zur genaueren Beurteilung der Zungenmuskelfunktion und ihrer Belastung während des Blasinstrumentenspiels weitere Studien mit größe-

rer Probanden- und Patientenzahl erforderlich. Die hier dokumentierte Studie ist in dieser Hinsicht innovativ und versteht sich als ein Anfang, der zukünftige weiterführende Forschungsaktivitäten initiieren möchte. So wird insbesondere zu klären sein, ob sich die unterschiedlichen Belastungen der Zungenmuskulatur bei verschiedenen Instrumenten und verschiedenen Lautstärken bestätigen bzw. ausdifferenzieren lassen.

Die anderen Prädiktoren (*Alter* der Musiker, sowie deren *Vorerfahrungen* und *Übezeit*) haben keinen Einfluss auf die Zungenrückenamplituden. Auch hier könnte ein möglicher Grund in der Zusammensetzung des Probandenkollektivs liegen: Die verschiedenen Altersgruppen und die Übezeiten sind inhomogen auf die Instrumentenklassen verteilt, was, wie oben bereits angemerkt, auf die untersuchte Population als eine natürlich vorkommende Stichprobe zurückzuführen ist. Um eine definitive Aussage bezüglich dieser Prädiktoren zu treffen, sind weiterführende Studien erforderlich, die für diese Prädiktoren gleichmäßig stratifizierte Gruppen zugrunde legen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass das Modell mit den vorliegenden Prädiktoren einen vergleichsweise geringen Anteil der beobachteten Varianz aufklärt (vgl. Kap. 3.2.1 und Kap. 3.3). Dies hängt damit zusammen, dass die Prädiktoren inhaltlich ausgewählt und anschließend mithilfe eines automatisierten Verfahrens beurteilt wurden. Einige Autoren warnen davor, automatisierten Verfahren eine unverhältnismäßig große Bedeutung beizumessen: „Es besteht hierbei jedoch die Gefahr, dass sachlogische Überlegungen in den Hintergrund treten können, d. h. dass der Untersucher mehr dem Computer als seinem gesunden Menschenverstand vertraut. Der Computer kann nur nach statistischen Kriterien wählen, nicht aber erkennen, ob ein Modell auch inhaltlich sinnvoll ist.“ (Backhaus et al. 2003)

Neben der Instrumentenklasse hat auch die Art der Artikulation einen relevanten Einfluss auf die Zungenrückenamplitude: Innerhalb der einzelnen Instrumentenklassen zeigten sich signifikante Unterschiede der Zungenrückenamplituden bei gestoßener im Vergleich zur gebundenen Spielweise. Das Niveau der Zungenrückenamplituden ist bei gebundener Spielweise niedriger (vgl. Kap. 1.5 / Frage 1.). Es scheint also so zu sein, dass das „harte, getrennte“ (*gestoßen*) Spielen von Noten eine stärkere Bewegung der Zunge aus einer „neutralen“ Position bedingt, als das „weiche, aneinander gebundene“ (*legato*) Spielen von Noten, die mit einer neutraleren bzw. weniger ausgeprägten Zungenbewegung einhergehen. Wenn man voraussetzt, dass eine

größere Bewegungsamplitude des Zungenrückens mit einer höheren Kraftanstrengung verbunden ist, legen diese Ergebnisse die Schlussfolgerung nahe, dass die gestoßene Spielweise - insbesondere für Blasinstrumentenspieler - im Prinzip belastender ist als die gebundene Spielweise.

Mit zunehmender Lautstärke nehmen bei allen Instrumentenspielern die Zungenrückenamplituden zu, was folglich ebenfalls zu einer deutlich höheren Zungenbelastung bei lauterer Spielweise führt. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen Šram et al. (1989a; 1991). In ihrer Studie wurden vier Probanden mittels Zungenultraschall untersucht: ein Klarinetten-, ein Flöten-, ein Fagott- und ein Saxophonspieler. Bei Lautstärkeänderungen kam es zu auffallenden „Zungenformänderungen“ mit einer verstärkten Kontraktion und Absenkung der gesamten Zunge, sowie zu einer „Verlagerung des Schwerpunktes nach dorsal“. Die Arbeit enthält jedoch nur deskriptive Beobachtungen, Zungenrückenamplituden wurden nicht gemessen.

Eine Sonderstellung nahmen die untersuchten Naturinstrumente ein: Die extrem großen Zungenrückenamplituden bzw. Bewegungsausschläge der Zunge beim Spielen des Didgeridoos sind nach unseren Untersuchungen ein Charakteristikum dieses Instruments und grenzen es deutlich von den anderen Instrumentenklassen ab.

In methodischer Hinsicht zeigt der Vergleich unserer Untersuchung mit den in der Literatur beschriebenen Studien zur Zungenrückenbewegung beim Blasinstrumentenspiel, dass unsere Studie insofern eine Erweiterung darstellt, als sie bisher rein deskriptive Erkenntnisse durch exakte Messungen wissenschaftlich untermauern und somit weiter präzisieren kann. Im Vergleich mit früheren, aus der Literatur bekannten Studien lässt sich insbesondere Folgendes konstatieren:

1. Die Zungensonographie ist das am besten geeignete Medium, Zungenrückenkonturen während des Blasinstrumentenspiels darzustellen (Šram & Svec 2000; Šram et al. 1989a; Šram 1995), da im Gegensatz zu röntgenologischen Untersuchungen keine Strahlenbelastung für die Probanden entsteht (Kuroszczyk & Lampert 1983; Šram et al. 1989c; Weait & Shea 1990).
2. Die Stichprobenumfänge der anderen zu diesem Themenkomplex publizierten Studien (Probandenzahl n=1 bis n=17) sind deutlich kleiner, was deren statistische Aussagekraft im Vergleich zur vorliegenden Studie relativiert (Kuroszczyk & Lampert 1983; Šram 1995; Weait & Shea 1990; Kahane et al. 2006).

3. In bisherigen Studien wurden entweder ausschließlich professionelle Musiker untersucht, oder es fehlte die Angabe zum instrumentenbezogenen Kenntnis- und Übungsstand, so dass kein systematischer Vergleich zwischen Laienspielern und professionellen Spielern möglich war (Kuroszczyk & Lampert 1983; Šram et al. 1991; Weait & Shea 1990). In unserer Studie hat sich dieser Status bzw. der Übungsstand zwar als irrelevant herausgestellt, damit ist aber zumindest die Hypothese eines Einflusses desselben auf die Zungenrückenamplituden widerlegt.
4. Die bisher zur Verfügung stehenden Studien untersuchten meist ausschließlich männliche Probanden oder machten keine Geschlechtsangabe. Sie konnten daher die Frage nach der Bedeutung des Faktors „Geschlecht“ nicht beantworten (Weait & Shea 1990; Kuroszczyk & Lampert 1983; Šram et al. 1988; Šram et al. 1989b; Šram et al. 1991; Šram & Švec 2000). Auch in unserer Studie war eine geschlechtsspezifische Auswertung nicht möglich (vgl. Kap. 4.1).
5. Während frühere Studien die Zungenrückenbewegung beim Blasinstrumentenspiel rein deskriptiv darstellten (Kuroszczyk & Lampert 1983; Kahane et al. 2006; Weait & Shea 1990; Šram & Svec 2000), liefert die vorliegende Arbeit präzisere Aussagen, indem Zungenrückenamplituden gemessen wurden. So beschreiben Kuroszczyk & Lampert (1983) in ihrer Untersuchung des Ansatzes von Blasinstrumenten mithilfe von Fernröntgenaufnahmen die Zungenposition während des Trompetespiels wie folgt: „Die Zunge ist nach dorsal aufgewölbt und hat keinen Kontakt zum Gaumen.“

4.3 Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur

Zur Auswertung der Anspannung von Gesichts- und Halsmuskulatur wurde ein semi-quantitativer Ratingscore mit Punkten verwendet. Auch Møller et al. (2003) verwendeten einen semiquantitativen Ratingscore, allerdings zur Beurteilung des Meige Syndroms mit den folgenden Punktwerten: 0= no dystonia, 1= occasional grimassing, 2= dystonia present less than 50%, 3= moderate dystonia, 4= severe dystonia.

Bertsch & Maca (2008) kamen bei der Untersuchung von 16 Trompeteninstrumentenspielern zu dem Ergebnis, dass die Aktivität der Gesichtsmuskeln auf die folgenden Muskelgruppen beschränkt ist: M. orbicularis oris, M. depressor anguli oris, M.

levator anguli oris. Die weniger erfahrenen Blechbläser zeigten bei dieser Studie eine weniger homogene thermische Verteilung als die Berufsmusiker, bei denen die Ansatzregion kompakter, enger begrenzt und homogener ist. Lapatki & Jonas (2001) untersuchten 19 professionelle Trompeteninstrumentenspieler und zeigten eine mittels EMG messbare Zunahme der Muskelaktivität mit steigender Tonhöhe. Der M. levator labii superioris hatte in dieser Studie ein geringeres Aktivitätsniveau als die restlichen perioralen Muskeln.

Die Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur wurde in den vorliegenden Untersuchungen maßgeblich durch den Prädiktor *Instrumentenklasse* bestimmt: Trompeteninstrumentenspieler waren eher zu einer stärkeren Belastung der Gesichts- und Halsmuskulatur prädisponiert als Rohrblatt- und Flöteninstrumentenspieler (vgl. Kap. 1.5 / Frage 3.). Bei mechanischen Kraft- und Widerstandsmessungen des M. orbicularis oris kam Rosset i Lobet (2005) zu einem analogen Ergebnis: Der M. orbicularis oris wurde beim Spielen von Einfachrohrblattinstrumenten mit bis zu 450 g, beim Spielen von Doppelrohrblattinstrumenten mit bis zu 550 g und beim Spielen von Blechblasinstrumenten mit bis zu 800 g belastet.

Diese starke Muskelbelastung könnte ein Grund dafür sein, dass es bei Trompeteninstrumentenspielern häufiger zu Problemen mit der Gesichts- und Halsmuskulatur kommt als bei den übrigen Instrumentenspielern (Sataloff et al. 1990; Brandfonbrener 1995). Lederman (1991) beschreibt 42 Fälle der fokalen Dystonie bei Instrumentalisten. Von den fünf gesehenen Blechblasinstrumentenspielern waren alle an einer fokalen Dystonie der Lippen erkrankt, während bei den übrigen Blasinstrumentenspielern vor allem die Finger betroffen waren. Sataloff et al. (1990), Engelman (1965) und Seidner (1934) berichten über einen wesentlich höheren intraoralen Druck bei Trompeteninstrumentenspielern als bei den anderen Instrumentengruppen. So zeigte sich in mehreren Studien das Auftreten der fokalen Dystonie an den Lippen vor allem bei Blechbläsern und nicht bei Holzbläsern (Jabusch & Altenmüller 2003; Lim & Altenmüller 2003; Brandfonbrener 1995).

Lim & Altenmüller (2003) führten eine Email-Befragung an acht Musikkonservatorien mit 154 an fokaler Dystonie erkrankten Männern und 29 an fokaler Dystonie erkrankten Frauen durch (darunter 22 Blechbläser, 40 Holzbläser, 30 Streicher, 54 Tasteninstrumentenspieler, 37 Zupfinstrumentenspieler). Es zeigte sich eine signifikante Häufung der fokalen Dystonie der Lippen bei den Blechblas- gegenüber den o. g.

anderen Instrumentenspielern, jedoch nicht bei Holzblasinstrumentenspielern im Vergleich zu anderen Instrumentalisten.

Der Einsatz präventiver Maßnahmen, die einer Überlastung vorbeugen, ist demnach bei Trompetenspielern besonders wünschenswert. Solche präventiven Ansätze könnten z. B. durch Übepausen kombiniert mit dosierter Belastung oder durch spezielle Entspannungstechniken realisiert werden (vgl. Kap. 1.5 / Frage 5.).

Beim Spielen der vorgegebenen Tonleitern und Musikstücke spannten Flöteninstrumentenspieler die Gesichts- und Halsmuskulatur am wenigsten, Rohrblattinstrumentenspieler stärker und Trompeteninstrumentenspieler am stärksten an, was für eine deutlich höhere Belastungssituationen der Gesichts- und Halsmuskulatur der Trompeteninstrumentenspieler im Vergleich zu den anderen Musikern spricht.

Fuhrmann et al. (1987) untersuchten ein von der Probandenzahl ($n=36$) und der Altersverteilung (19-55 Jahre) mit der vorliegenden Studie vergleichbares Probandenkollektiv mit dem einzigen Unterschied, dass hier nur professionelle Musiker und überwiegend Männer ($n=32$) berücksichtigt wurden. Die Studie zeichnet sich durch ein homogenes Verteilungsmuster aus: Es wurden bei jeweils zwölf Trompetenspielern, zwölf Klarinettenspielern und zwölf Zahnmedizinstudenten (die Zahnmedizinstudenten bildeten die Kontrollgruppe) Lippenkraftmessungen mittels EMG durchgeführt. Dabei ergab sich ein gleich großer Lippendruck während des Trompete- und Klarinettespielens. Auch in unserer Untersuchung wiesen die Trompeten- und Rohrblattinstrumentenspieler bei der gestoßenen Spielweise eine gleich hohe Anspannungssituation der Gesichts- und Halsmuskulatur auf.

Methfessel (1990) führte bei 181 Blasinstrumentenschülern und 120 Schülern ohne Instrumentalunterricht (Kontrollgruppe) eine Kraft-Druck-Messung der Lippenmuskulatur durch. Er untersuchte Trompeten-, Horn-, Posaunen-, Oboen-, Fagott-, Klarinetten- und Flöteninstrumentenspieler. Bei der Maximalkraftmessung der Lippenmuskulatur erzielten die Bläseschüler gegenüber der Vergleichsgruppe deutlich höhere Durchschnittswerte. Darüber hinaus erreichten Blechbläser gegenüber Holzbläsern in den höheren Altersgruppen signifikant höhere Maximalkräfte. Diese Studie bestätigt ebenfalls unser Ergebnis einer höheren Anspannungssituation der Gesichts- und Halsmuskulatur bei Trompeteninstrumentenspielern verglichen mit Flöteninstrumentenspielern.

Im Rahmen einer Fragebogenstudie untersuchten Daubine-Colombe & Vigroux (1994) über ein Jahr lang 38 männliche Musiker (19 Blech-, 19 Holzbläser). Sie beschrieben Indurationen, Fissuren und Trockenheit der Lippen als Folge des Instrumentalspiels. Diese Symptome waren bei Blechbläsern weniger ausgeprägt als bei Holzbläsern. Die Autoren führten dies auf eine „aktivere Rolle der Lippen“ während des Spielens auf Blechblasinstrumenten zurück. Die Ergebnisse wurden durch die vorliegende Untersuchung insofern bestätigt, als dass sich bei den Trompeteninstrumentenspielern eine stärkere Anspannung und damit die aktivere Rolle der Hals- und Gesichtsmuskulatur während des Spielens im Vergleich zu den Flöteninstrumentenspielern zeigte.

Mehnert et al. (1983) berichten über einen Klarinettenisten und einen Trompeter, die beide über eine Schwäche des M. orbicularis oris klagten, was für eine höhere Belastung dieses Muskels bei diesen Instrumentengruppen spricht.

Die übrigen erhobenen Prädiktoren *Alter*, *Vorerfahrung* und *Überzeit* hatten in der hiesigen Studie keinen Einfluss auf die Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur. Damit können wir die Ergebnisse des Reviews von Schuele & Lederman (2004) nicht bestätigen, die in ihren Daten die Spielzeit pro Tag und damit auch die Überzeit als einen relevanten Faktor für die Entstehung eines muskuloskelettalen Problems identifizierten.

In methodischer Hinsicht zeigt der Vergleich unseres Patientenkollektivs mit den in der Literatur beschriebenen Studien zur Muskulatur beim Blasinstrumentenspiel, dass unsere Studie auch hier eine Erweiterung des Forschungsstandes darstellt: Bisherige Studien beschränkten sich ausschließlich auf die Gesichts- und Halsmuskulatur, untersuchten jedoch nicht die Zungenmuskulatur. Sie klammern damit einen wesentlichen Aspekt des Blasinstrumentenspiels aus und können etwaige systematische Beziehungen zwischen Zungen- und Gesichtsmuskulatur nicht erfassen. So konnte in unserer Studie gezeigt werden, dass die Instrumentenklasse als wichtigster Faktor zur Beeinflussung sowohl der Zungenrückenamplituden als auch der Anspannung von Gesichts- und Halsmuskulatur gilt.

Der in der vorliegenden Arbeit beobachtete Halsvenenstau beim Spielen von Blasinstrumenten kann pathophysiologisch relevant sein: In Analogie zum Halsvenenstau bei Sprechen, Singen und Valsalva-Versuch (Angerstein 1996) ist es denkbar, dass es auch beim Spielen von Blasinstrumenten zu einer Klappeninsuffizienz der V. jugu-

laris interna mit konsekutiver Rechtsherzbelastung kommt. Es wären regelmäßige EKG- bzw. echokardiographische und farbduplexsonographische Untersuchungen dieser stark belasteten Bläser ratsam (vgl. Kap. 1.5 / Frage 5.).

Der verwendete Zungenultraschall und die Videoaufzeichnungen dienen der Optimierung der Spieltechniken, da nun über visuelles Biofeedback der Ausbildungs- und Lernprozess verbessert werden kann (Wein 1991b).

4.4 Arbeitsmedizinische Aspekte

Bezüglich der Ergonomie der Muskelbewegungen und der Atemstromführung beim Spielen von Blasinstrumenten lassen sich die in Kap. eins definierten Gesichtsparemeter (Nasenflügelbewegung, eingerollte Lippen, aufgeblasene Wangen, submandibuläres Luftpolster, Anspannung des M. orbicularis oris und des M. mentalis sowie Halsvenenstau der V. jugularis externa und der V. jugularis anterior) als klinische Zeichen vermehrter Muskelanspannung bzw. vermehrter Muskelarbeit deuten. Um unergonomische bzw. zu sehr anstrengende Techniken zu erkennen, sollten Instrumentalpädagogen auf diese Gesichtsparemeter während des Instrumentalspiels achten (vgl. Kap. 1.5 / Frage 5.). Die Beachtung derartiger Risikofaktoren möglichst schon während der Ausbildung und des Studiums wird auch von Schuppert & Altmüller (2000) und Žuškin et al. (2005) gefordert, um eine frühzeitige Korrektur zu ermöglichen und späteren beruflichen Ausfällen vorzubeugen. Mithilfe gezielter Entspannungstechniken und mundmotorischer Übungen können solche Verspannungen präventiv angegangen werden (Schade 2007). Typischerweise kommt es zunächst zu einer primär funktionellen Überlastung, die sich später in morphologischen Veränderungen wie dem o. g. Satchmo-Syndrom niederschlagen kann. Diese morphologischen Veränderungen betreffen dann den M. orbicularis oris. Es kann aber auch zu funktionellen überlastungsbedingten Veränderungen im Larynxbereich wie z.B. zur hyperfunktionellen Dysphonie kommen (Eckley 2006). Weil funktionelle Überlastungen Vorstufen späterer morphologischer Veränderungen sein können, ist ihre frühzeitige Erkennung von essentieller Bedeutung - zumal muskuloskeletale Erkrankungen ein häufiges Krankheitsbild bei Berufsmusikern darstellen (Ghoussoub et al. 2008; Fishbein et al. 1988).

Die Ruptur des M. orbicularis oris, das Satchmo-Syndrom (vgl. Kap. 1.4), wird von Arcier als Lippenproblem bei Instrumentalisten beschrieben, welches jedoch oft nicht rechtzeitig erkannt würde. Er führte Ultraschalluntersuchungen der Lippenmuskulatur

bei einem betroffenen Patienten durch und stellte ein rechts paramedianes Ödem des M. orbicularis oris fest. Ultraschalluntersuchungen des M. orbicularis oris sind ein interessanter Ansatzpunkt für weitere Studien zur Beschreibung der Häufigkeit des Satchmo-Syndroms (Arcier 1994a). Die in der Literatur dokumentierten Fälle von Satchmo-Syndrom umfassen ausschließlich Patienten, die nach unserer Klassifikation ein Trompeteninstrument spielten. In der vorliegenden Untersuchung kam es bei den Trompeteninstrumentenspielern zu einer höheren Anspannung im Gesichts- und Halsbereich. Es präsentierte sich allerdings kein Proband mit morphologischen Veränderungen der Lippen, da in der vorliegenden Studie ausschließlich gesunde symptomlose Probanden untersucht wurden. Bartek (1988) beschreibt das Auftreten von Überbelastungen der Lippenmuskulatur, aber auch der perioralen Haut, als Folge von „Unregelmäßigkeiten an den Frontzähnen (Form, Größe, Oberflächenstruktur)“. Diese Überbelastung trete vor allem bei den Blech- und Rohrblattinstrumentenspielern auf, was mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie korreliert, die ebenfalls eine verstärkte Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur bei Probanden der o. g. Instrumentengruppen zeigte.

Ein weiteres arbeitsmedizinisch relevantes Krankheitsbild der orofacialen Muskulatur ist das der fokalen Dystonie des bläserischen Ansatzes, auch Ansatzdystonie genannt (vgl. Kap. 1.4). Wie der berühmte Berufsmusiker David Samborn (Arcier 1994) haben diese Patienten Probleme mit der An- und Entspannung der Gesichtsmuskulatur während des Spielens von Trompeten- und Rohrblattinstrumenten.

Lederman (2001) beschreibt in seiner Untersuchung von 81 Blechbläsern einen Anstieg der Spielzeit kurz vor Manifestation der Ansatzdystonie. Es waren Spieler von Waldhörnern, Posaunen, Trompeten und Tuben betroffen. Schuppert & Altenmüller (2000) erwähnen ebenfalls, dass bei Bläsern die häufigsten Probleme im Lippenbereich auftreten. „Diese entstehen durch den Ansatzdruck des Kesselmundstücks bei Blechbläsern, insbesondere bei Trompetern, mit den über Jahrzehnte einwirkenden Mikrotraumen im Bereich von Nervenscheiden und Gefäßen der feinen Nervenendigungen.“ Diese Beeinträchtigungen treten laut Schuppert & Altenmüller (2000), Jabusch & Altenmüller (2006) und Zeller (1992) insbesondere bei Trompeteninstrumentenspielern auf. Auch in unserer Arbeit fand sich ein indirekter Hinweis auf einen erhöhten Druck des Mundstücks beim Trompetespielen: Nach Absetzen des Mundstücks zeigte sich bei einem Trompeter für mehrere Sekunden ein kreisrundes hyperämisches Areal in der Mitte von Ober- und Unterlippe.

Culf (1998) kommt zu dem Ergebnis, dass mit „steigender Spielzeit“ die Wahrscheinlichkeit, eine fokale Dystonie zu entwickeln, deutlich ansteigt. Newmark & Lederman (1987) konnten zeigen, dass sich mit abrupter Steigerung der Übezeit instrumentenassoziierte Erkrankungen häufen. In ihrer Studie wurde die Übezeit der teilnehmenden Instrumentalisten täglich gesteigert. Die Spieler mit neu aufgetretenen instrumentenassoziierten Erkrankungen gaben im Durchschnitt eine Übezeit von 7,38 Stunden pro Tag an. Auch Klöppel (1999) stellte fest, dass eine plötzliche Steigerung der Übezeit ein Risiko darstellt, die beim Spielen beteiligten Gewebe zu überlasten. Deshalb empfehlen die Autoren eine langsame Steigerung der Übezeiten. In der vorliegenden Arbeit wurde zwar die Übezeit erfragt. Jedoch wurden keine Verläufe der Übezeiten erfasst, da kein Proband an einer fokalen Dystonie erkrankt war und der Schwerpunkt auf der Erfassung physiologischer Bewegungsmuster lag.

Das professionelle Spielen eines Instruments (Solo-Musiker, Orchestermusiker) ist mit vielfältigen Belastungen des Muskel-, Skelett- und Nervensystems verbunden, so dass die daraus resultierenden Folgen auch versicherungsrechtlich von Bedeutung sein können. Die Gesetzlichen Unfallversicherungsträger (Unfallkassen, Berufsgenossenschaften) müssen beruflich verursachte Krankheiten anerkennen und ggf. entschädigen. Die beruflich verursachten Schäden bei Musikern können sich unter verschiedenen BK-Ziffern verbergen: Die BK-Ziffer 2106 deckt allgemein Druckschädigungen der Nerven und Neuropathien ab. Das Merkblatt zur BK 2106 (NN 2002) führt hierzu aus: „Es bestehen Hinweise auf vermehrt betroffene Berufsgruppen, z. B. Berufsmusiker, Schleifer, Metzger, Lebensmittelhändler, Beschäftigte in der Tiefkühlkostherstellung, Supermarktkassiererinnen und Bodenreiniger. Zusätzlich gibt es zahlreiche Hinweise auf bestimmte schädigende berufliche Expositionsfaktoren (z.B. großer Kraftaufwand bei Greifbewegungen, repetitive Bewegungen im Handgelenk, gebeugtes bzw. überstrecktes Handgelenk). Diese Expositionsfaktoren treten in den untersuchten Berufsgruppen vermehrt auf, sind aber auch bei einer Vielzahl anderer Tätigkeiten zu finden. Schäden können auch durch das Ausüben bestimmter Sportarten hervorgerufen werden. Dies ist sowohl von ätiologischem Interesse als auch hinsichtlich der berufsmäßigen Ausübung bestimmter sportlicher und artistischer Tätigkeiten zu beachten (z. B. Radfahrer, Golfer, Kegler, Reiter).“

Bei Blasinstrumentalisten ist hier das Aufbringen einer großen Kraft der Gesichts- und Halsmuskulatur von Bedeutung. Die Tatsache, dass im Zeitraum von 1997 bis 2004 von sieben gemeldeten Fällen drei als Berufskrankheit anerkannt wurden (vgl.

Kap. 1.4), unterstreicht die arbeitsmedizinische Relevanz der vorliegenden Arbeit und die Notwendigkeit präventiver Ansätze zur Vermeidung dieses Krankheitsbildes. Die Arbeit hat somit arbeitsmedizinisch-ergonomische und berufsgenossenschaftlich-versicherungsrechtliche Bedeutung.

Die Ansatzdystonie gehört zu den oromandibulären Dystonien, die im ICD-10 mit G24.4 kodiert werden (DIMDI 2010). Es handelt sich somit bei der Funktionsstörung von Zungen- und Lippenmotorik der Blechbläser um eine eigene Krankheitsentität, die sowohl durch gültiges Recht in der Berufskrankheitenverordnung als auch von der WHO kodiert wurde.

Bei der Differentialdiagnose zwischen funktionellen und morphologischen Veränderungen des bläserischen Ansatzes sollte ein neurologischer Kollege hinzugezogen werden, da es sich bei der fokalen Dystonie um ein primär neurologisches Krankheitsbild handelt. Zusätzlich ist arbeitsmedizinisches Fachwissen erforderlich, da es auch um ergonomische Aspekte und belastungsinduzierte Krankheitssymptome geht.

In weiteren klinischen Untersuchungen muss geklärt werden, ob die Ansatzdystonie ein prädisponierender Risikofaktor für den Einriss des M. orbicularis oris ist und wie differentialdiagnostisch zwischen diesen beiden Krankheitsbildern unterschieden werden kann.

Ähnlich wie bei der fokalen Dystonie der Mundlippen kommt es auch bei der vokalen Dysphonie des Larynx zu hyperfunktionellen Veränderungen der Muskulatur (Anspannung der Stimmlippen und Taschenfalten) beim Spielen von Blasinstrumenten (Eckley 2006). Daraus ergibt sich die Frage, bei wie vielen Patienten eine Kombination aus vokaler Dysphonie und fokaler Dystonie auftritt. Nach Aussage der Vorsitzenden der Deutschen Dystoniegesellschaft sind 75 Mitglieder an Spasmodischer Dysphonie erkrankt. Davon leiden elf Mitglieder gleichzeitig an einer Spasmodischen Dysphonie und an einer weiteren Dystonie (z.B. Meige-Syndrom). Kein einziges Mitglied ist jedoch sowohl von einer Spasmodischen Dysphonie als auch von einer Ansatzdystonie betroffen. Von den 45 an einer Musikerdystonie erkrankten Patienten spielen sieben ein Blasinstrument (drei Querflötistinnen, zwei Posaunisten, ein Trompeter, eine Hornistin) und leiden an einer Ansatzdystonie. Insgesamt zählt die Deutsche Dystoniegesellschaft 1506 Mitglieder mit einer Dystonie, davon sind die o. g. 45 (3,0%) an einer Musikerdystonie erkrankt. Hierunter finden sich zwölf (0,8%)

Bläser mit einer fokalen Dystonie, nämlich die o. g. sieben (0,5%) Bläser mit einer Ansatzdystonie und fünf (0,3%) Bläser mit einer Hand-Finger-Dystonie (Kühn, U.: persönliche e-mail-Mitteilung vom 11.05.2009).

Arbeitsmedizinisch relevant sind weiterhin psychische (Brandfonbrener 1988; Moeller & Castringius 2005; Haider & Groll-Knapp 1971; Schmale & Schmidtke 1985; Zeller 1985) und dermatologische (Gambichler et al. 2004; Žuškin et al. 2005) Erkrankungen im Rahmen der musischen Tätigkeit, die bei unserer Studie keine Berücksichtigung fanden.

Die Belastung der Handmuskulatur während des Blasinstrumentenspiels ist ein weiterer wichtiger Aspekt aus arbeitsmedizinischer Sicht (Blatt 1990), genauso wie der Einfluss des Blasinstrumentenspiels auf die Zahnstellung bzw. der Einfluss von Zahnfehlstellungen auf Probleme beim Blasinstrumentenspiel (Borchers et al. 2002; Brattström et al. 1989; Chesky 2005; Dana 1988; Rosenstein 2005; Günther et al. 2005).

Auch weiterführende Studien zu Augenproblemen von Berufsmusikern infolge des erhöhten intraokulären Druckes beim Spielen von Blasinstrumenten (z.B. Shoup 1995, Schuman et al. 2001) sind wichtig, um eine umfassende arbeitsmedizinisch relevante Sicht der Situation professioneller Bläser zu erhalten.

Derartige Beeinträchtigungen beim Spielen von Blasinstrumenten sind nicht nur bei Berufsmusikern zu verzeichnen, sie treten auch bei Laienmusikern auf. Ein entscheidender Unterschied ist aber, dass bei Berufsmusikern unmittelbar die Ausübung der beruflichen Tätigkeit betroffen ist sowie der weitere Werdegang und die wirtschaftliche Lebensgrundlage. Schlimmstenfalls können die Beeinträchtigungen zu Existenzängsten und enorm hohem Leidensdruck bis hin zur Berufsaufgabe führen (Altenmüller & Jabusch 2008b). Ein professioneller Musiker kann sich längere oder wiederholte berufliche Ausfälle nicht leisten. Aus seiner Berufserkrankung resultieren weitreichende finanzielle, familiäre, soziale und psychische Konsequenzen, da sein Beruf nicht nur dem Lebensunterhalt dient, sondern eine persönliche und oft das gesamte Leben prägende Leidenschaft ist.

4.4.1 Arbeitsmedizinische und präventive Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie belegen, dass die Instrumentenklasse die Zungenrückenamplituden bei Bläsern wesentlich beeinflusst. Dabei gilt die Zungenrückenamplitude als bedeutsamer Indikator der Zungenmuskelbelastung.

Aus arbeitsmedizinischer Sicht zeigt sich somit eine deutlich höhere Belastung der Zunge bei Trompeteninstrumentenspielern im Vergleich zu anderen Blasinstrumentalisten, so dass hier besonders auf präventive Maßnahmen zu achten ist. Daher sind ultraschallgestützte Biofeedback-Verfahren zum Erlernen einer möglichst spannungsarmen Artikulation und Intonation bei Trompeten besonders wichtig. Hier könnte auf bereits existierende zungensonographische Biofeedback-Methoden zurückgegriffen werden. Diese wurden beispielhaft von Klajman et al. (1988) zur Unterstützung der Artikulationsanbahnung bei gehörlosen Kindern vorgestellt. Selbstverständlich lassen sich derartige ultraschallgestützte Biofeedback-Techniken mit Echtzeit-Monitoring der Zungenrückenbewegungen modellhaft auch für alle anderen Blasinstrumente anwenden (vgl. Kap. 1.5 / Frage 2.).

4.5 Lungenfunktionsprüfungen

In der vorliegenden Untersuchung wurden Lungenfunktionsprüfungen durchgeführt, um eine „Schwäche der Atemstützfunktion“ (Mehnert et al. 1983) als negativen Einflussfaktor auf die Gesichts- und Halsmuskulatur und damit auf den bläserischen Ansatz auszuschließen. So beschreiben Mehnert et al. (1983), dass eine Schwäche der Atemstützfunktion zu einer Überbeanspruchung von Gesichts-, Hals-, Rachen- und Schultermuskulatur führen kann. Alle Probanden wiesen eine altersgerechte physiologische Lungenfunktion auf, so dass die Lungenfunktion die Gesichts- und Halsmuskulatur und damit den bläserischen Ansatz nicht negativ beeinflussen konnte. Beim Vergleich der Instrumentenklassen fanden sich zudem keine Unterschiede bezüglich der erreichten Lungenfunktionswerte, was die Ergebnisse von Denniz et al. (2006) bestätigt.

Die in der Literatur veröffentlichten Ergebnisse zur Lungenfunktion bei Blasinstrumentenspielern sind jedoch nicht einheitlich. Während sich die Lungenfunktionswerte der Probanden in den verschiedenen Instrumentenklassen nicht unterschieden, fanden Denniz et al. (2006) allerdings beim Vergleich der Blasinstrumentenspieler mit der gesunden, kein Blasinstrument spielenden Kontrollgruppe einen signifikanten

Unterschied der Lungenfunktion: Hier wiesen die Blasinstrumentenspieler eine signifikant schlechtere Lungenfunktion als die Kontrollgruppe auf.

Fiz et al. (1993) fanden beim Vergleich der Lungenfunktion von zwölf männlichen Trompetenbläsern mit einer Kontrollgruppe aus zwölf männlichen Nichtbläsern einen signifikant höheren maximalen inspiratorischen und maximalen expiratorischen Druck der Bläser; bei den übrigen Parametern zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die Ergebnisse dieser Studien sind vergleichbar: Das spezifische Blasinstrument hat keinen nachweisbaren Einfluss auf die erreichten Lungenfunktionswerte; offensichtlich ist hier nicht die Art des Blasinstruments entscheidend, sondern die Frage, ob überhaupt ein Blasinstrument gespielt wird oder nicht. - Lediglich Schorr-Lesnick et al. (1985) fanden keinen signifikanten Unterschied in der Lungenfunktion von Sängern, Blasinstrumentenspielern und einer Kontrollgruppe mit Nicht-Musikern.

Bei den in der Literatur beschriebenen Untersuchungen lag das Hauptanliegen darin, die Lungenfunktion von Blasinstrumentenspielern zu beurteilen, weshalb jede der o. g. Lungenfunktionsstudien mit einer Kontrollgruppe arbeitete. In der vorliegenden Untersuchung wurde keine Kontrollgruppe gebildet, da die Lungenfunktionsprüfung nur einen kleinen Nebenaspekt darstellte. Hauptanliegen dieser Studie waren die Zungenbewegungsamplituden sowie die Anspannung der Gesichts- und Halsmuskulatur während des Blasinstrumentenspiels.

4.6 Zukünftige Perspektiven und mögliche Entwicklungen

In zukünftigen Studien sollte die Aussagekraft der Zungensonographie als möglicher Prädiktor weiter abgeklärt werden: Es ist zu prüfen, ob damit die Qualität der bläserischen Ausbildung verbessert und Prognosen über die Sicherheit der Intonation abgegeben werden können. Da weder Ausbildungsstand noch Übezeit mit den Zungenrückenamplituden korrelierten, konnten diese zumindest in der vorliegenden Untersuchung nicht als Prädiktoren für Ausbildungsqualität oder Intonationssicherheit gelten.

Yoshikawa (1998) kommt zu dem Ergebnis, dass professionelle Blasinstrumentenspieler den Luftstrom im Gegensatz zu Anfängern durch eine kontrollierte Bewegung im Larynxbereich steuern: Die Glottis der Anfänger ist während des Blasinstrumentenspiels offen, während die Stimmritzen professioneller Blasinstrumentenspieler weitestgehend verschlossen („fermeture quasi totale“) sind.

Eine weitere Perspektive für zukünftige Untersuchungen stellt deshalb die Video-Laryngoskopie zur Beurteilung der Glottis während des Blasinstrumentenspielens dar, um festzustellen, wie häufig eine vokale Dysphonie und eine fokale Dystonie bei Blasinstrumentenspielern parallel auftreten. Es ist für die Probanden allerdings sehr belastend, das Blasinstrument zu spielen, während sich ein dickwandiges flexibles Endoskop in der Nase befindet. Wenn alternativ eine dünne, wenig belastende Fiberoptik gewählt wird, ergibt sich leider ein sehr kleines und dunkles Bild. Aus den o. g. Gründen wurde versucht, diese Problematik durch eine „Chip on the Tip“ Optik auszugleichen (Schade 2005, Schröck et al. 2008), was allerdings wiederum mit einem größeren Durchmesser der Fiberoptik verbunden ist. Zwar wird ein größeres Bild durch eine solche Optik erzielt, für Probanden aber bleibt die Untersuchung während des Blasinstrumentenspiels störend. Vor dem Hintergrund dieser technischen Limitationen wurden bisher lediglich Untersuchungen zur vokalen Dysphonie bei Blasinstrumentenspielern durchgeführt (Eckley 2006), ohne dass ein gleichzeitiges Auftreten der fokalen Dystonie untersucht werden konnte (vgl. Kap. 4.4).

Ein anderer interessanter Aspekt ergibt sich aus der Erstellung von pseudo-dreidimensionalen Abbildungen der Zungenrückenkonturen im Zeitverlauf, um modellhaft die Bewegungsabfolge der Zungenrückenkonturen während des Blasinstrumentenspiels in einer einzigen Abbildung zeitabhängig darstellen zu können (Böckler et al. 1989; Angerstein et al. 2009; Lindner 2005; Lindner et al. 2007) (vgl. Kap. 1.5 / Frage 2.). Hierzu fehlen jedoch bislang größere Reihenuntersuchungen.

Ein weiterer aussichtsreicher Forschungsansatz besteht darin, analog zum Vokaltrapez (vgl. Kap. 1.2) die Position von Zungenspitze und Zungenrücken während des Blasinstrumentenspiels sonographisch aufzuzeichnen. Denn sowohl beim Sprechen als auch beim Blasinstrumentenspiel wird die Artikulation durch die Konfiguration des Ansatzrohres und damit durch Stellung und Form der Zunge determiniert. Die Zunge sollte deshalb vergleichend sowohl während des Sprechvorganges als auch während des Blasinstrumentenspiels untersucht werden. Es erscheint deshalb sinnvoll, Parallelen in der Konfiguration des Vokaltraktes während des Blasinstrumentenspiels einerseits und während der Lautbildung andererseits zu suchen. Einen ersten Ansatz lieferten Šram & Svec (2000) mit einer röntgenkinematographischen und sonographischen Untersuchung der Zungenrückenkonturen eines Tuba- und eines Trompetenspielers: Sie stellten eine Konfiguration der Sprechorgane während des

Blasinstrumentenspiels fest, die der Konfiguration der Aussprache bestimmter Vokale ähnlich ist.

Die o. g. Modelle der Zungenrückenbewegungen (Pseudo-3-D-Darstellung, Vokaltrapez) sind auch aus instrumentalpädagogischer Sicht interessant, um die Zungenrückenbewegungen während des Blasinstrumentenspiels besser verstehen und objektiv darstellen zu können. Auf diese Weise lassen sich Abweichungen schneller erkennen und korrigieren.

Hinsichtlich der Stressbelastung beim Spielen von Blasinstrumenten hätte man psychologische Einflussfaktoren mittels psychometrischer Skalen evaluieren können, was die zeitliche Dauer unseres Untersuchungssettings allerdings nicht zuließ: Selbst ohne eine solche Befragung wurden pro Proband bereits 1,5 Stunden Untersuchungszeit benötigt. Um psychologische Einflussgrößen zu analysieren, wäre darüber hinaus eine Untersuchung während realer Konzertbedingungen vor einem Publikum wesentlich besser geeignet.

Ein Desiderat der Forschung bleibt es, prognostische Parameter zu entwickeln, die vorhersagen, wie gut ein Student auf seinem Blasinstrument spielen bzw. artikulieren können wird:

1. So wäre beispielsweise vorstellbar, dass die feinmotorische Aktivität der Zungenspitze als Indikator dient, um mittels der Zungensonographie die Intonations-sicherheit zu beurteilen. Der Zungengrund scheint hierbei weniger ausschlaggebend zu sein, da er im Vergleich zur Zungenspitze eine verminderte Beweglichkeit aufweist (im TM-Mode stellt sich der Zungengrund hochamplitudig und niedrigfrequent dar, die Zungenspitze hingegen niedrigamplitudig und hochfrequent). So kamen Šram & Svec (2000) zu dem Schluss, dass bei der Tonerzeugung mit Blechblasinstrumenten vor allem die vibrierende Zungenspitze zum Einsatz kommt, was bei den tiefen Tönen der Tuba besonders ausgeprägt war.

2. Mithilfe der Zungensonographie wurde festgestellt, dass es im Rahmen der oralen Atemstromführung bei der /s/-Lautbildung zur medianen Rinnenbildung am Zungenrücken kommt (Angerstein 1994; Iro 2000). Diese mediane Rinne kann mittels koronarer Ultraschall-B-Mode-Schnittbilder dargestellt werden. Wenn die erforderliche mediane Zungenrinnenbildung nicht möglich ist, kann dies zu Artikulationsstörungen (z. B. zum Sigmatismus lateralis) führen. Analog zur Sprachlautbildung

wäre es denkbar, dass die Luftstromlenkung im Bereich der Zungenoberfläche die Intonationsqualität beim Spielen von Blasinstrumenten beeinflusst.

Ein letzter interessanter Aspekt für Blasinstrumentalisten wäre die Untersuchung der Anspannung von Gesichts- und Halsmuskulatur sowie der Zungenbewegungsmuster bei unterschiedlichen Schulen bzw. Ausbildern einerseits und bei verschiedenen Ausbildungsstufen andererseits. Hierzu wären jedoch große Subgruppen verschiedener Schulen und Ausbildungsstufen von Blasmusikern nötig.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz der Zungen-, Gesichts- und Halsmuskulatur beim Spielen verschiedener Blasinstrumente untersucht, um die Belastung von Blasinstrumentalisten unter ergonomischen, arbeitsmedizinischen und präventiven Gesichtspunkten zu analysieren.

Hierzu wurden Daten einer experimentellen Untersuchung von 23 weiblichen Probanden und 15 männlichen Probanden im Alter von 16 bis 51 Jahren (MW = 27,6 Jahre, SD = 10,6 Jahre) ausgewertet. Die 38 Probanden spielten 15 Trompeten (neun Trompeten, drei Waldhörner, zwei Jagdhörner, eine Tuba), 14 Rohrblatt- (vier Saxophone, vier Fagotte, drei Klarinetten, drei Oboen) und neun Flöteninstrumente (sechs Querflöten, drei Blockflöten). Zusätzlich wurden vier Männer, die Naturinstrumente (Didgeridoos) spielten, untersucht.

Parameter wie Instrumentenklasse, Übzeit, Alter und musikalische Vorerfahrung der Probanden wurden mit Fragebögen erfasst. Die Probanden spielten vorgegebene Tonfolgen metronomgesteuert in unterschiedlichen Lautstärken (*piano*, *mezzo-forte*, *fortissimo*) und Spielweisen (gebunden oder gestoßen) unter standardisierten Bedingungen. Während des Musizierens wurden Videoaufzeichnungen der Gesichts- und Halsmuskulatur durchgeführt. Außerdem wurden Videodokumentationen von medio-sagittalen B-Mode- und TM-Mode-Sonographien der Zungenrückenkonturen erstellt. Die Videoaufzeichnungen der Gesichts- und Halsmuskulatur wurden mittels eines Ratingscores bewertet. Die sonographischen Bewegungsamplituden des Zungenrückens wurden gemessen.

Statistische Analysen der Messdaten zeigten, dass die Instrumentenklasse als wichtigster Faktor zur Beeinflussung sowohl der Zungenrückenamplituden als auch der Anspannung von Gesichts- und Halsmuskulatur gilt: Die Bewegungsamplituden der Zungenrückenkonturen waren am größten bei den Trompeten- und am kleinsten bei den Flöteninstrumentenspielern, während die Rohrblatt-Instrumentalisten eine Mittelstellung einnahmen. Bei Betrachtung der Gesichts- und Halsmuskulatur ergab sich ein analoges Bild: Die Flötisten wiesen die geringsten, die Trompeten- und die Rohrblattinstrumentenspieler die deutlichsten Zeichen einer muskulären Anspannung auf.

Diese Ergebnisse haben musikermedizinische und gesangspädagogische Relevanz, da über visuelles Biofeedback die Ausbildung der Blasinstrumentenspieler verbessert werden kann.

Außerdem lassen sich abweichende und belastende Spielweisen frühzeitig erkennen. So ist es möglich, Überlastungen bereits im Vorfeld zu identifizieren und z.B. dem Satchmo-Syndrom oder der Ansatzdystonie vorzubeugen. Daraus ergibt sich die arbeitsmedizinisch-ergonomische, aber auch die unfallversicherungsrechtliche und berufsgenossenschaftliche Bedeutung der vorliegenden Arbeit.

6. Literaturverzeichnis

1. Ärztl. Sachverständigenrat beim Bundesministerium für Arbeit u. Sozialordnung (BMA) (2002): Druckschädigung der Nerven.
Merkblatt zur Berufskrankheit Nr. 2106 der Anlage zur Berufskrankheitenverordnung (BKV): Bundesarbeitsblatt 11/2002, S. 62
2. Altenmüller, E.; H.-C. Jabusch:
Apolls Fluch – Musikerdystonien.
Info Neurologie & Psychiatrie 10 (2008a), 46-53
3. Altenmüller, E.; H.-C. Jabusch:
Neurologische Erkrankungen bei Musikern.
Neurologe & Psychiater 12 (2008b), 32-37
4. Angerstein, W.:
Ultraschallgestützter Untersuchungsgang zur Beurteilung der Zungenbeweglichkeit.
Sprache-Stimme-Gehör 18 (1994), 80-84
5. Angerstein, W.:
Halsvenenstau bei hyperfunktioneller Dysphonie.
Habilitationsschrift Medizinische Fakultät der RWTH Aachen 1996
6. Angerstein, W.:
Zungensonographie beim Didgeridoo-Spielen.
Musikphysiol Musikermed 4 (2002), 14-15
7. Angerstein, W.; A. Isselstein; C. Lindner; V. Aurich ; T. Massing :
Ultraschalluntersuchungen der Zunge beim Spielen von Blasinstrumenten.
Musikphysiol Musikermed 1 (2009), 7-8
8. Arcier, A. F.; A. Vernay:
Observation clinique: lésions musculaires labiales liées au jeu de cuivres.
Médecine des Arts, cah. 8 (juin 1994), 14-19
9. Arcier, A. F.:
Petite histoire des pathologies chez l'instrumentiste à vent.
Médecine des Arts, cah. 8 (juin 1994), 3-5
10. Backhaus, K.; B. Erichson; W. Plinke; R. Weiber:
Multivariate Analysemethoden.
Springer Verlag, Berlin-New York, 10. Aufl. 2003,
S. 104
11. Bahnert, H.; H. Schramm:
Ton, Klang, Klangerzeugung bei den Blasinstrumenten.
In: Bahnert, H.; H. Schramm (Hrsg.):

- Metallblasinstrumente.
Noetzel Verlag, Wilhelmshaven-Heinrichshofen, 3. Aufl. 2003,
S. 58-59
12. Bartek, H.:
Die Blasinstrumentalisten aus arbeitsmedizinischer Sicht: 2.1 Orofaziales System.
Arbeitsmedizinische Informationen für Theater und Orchester/Arbeitshygienische Beratungsstelle der Theater und Orchester der DDR [Berlin, Ost] 11 (1988), 7-11
 13. Benninghoff, A.; D. Drenckhahn:
Muskulatur der Zunge.
In: Drenckhahn, D. (Hrsg.): Anatomie.
Urban & Fischer Verlag, München-Jena, 15. Aufl. 2003,
S. 621-622
 14. Benninghoff, A.; D. Drenckhahn:
Einzugsgebiet der Vena cava superior.
In: Drenckhahn, D. (Hrsg.):
Anatomie.
Elvesier Verlag, München, 16. Aufl. 2004,
S. 129-132
 15. Bertsch, M.; T. Maca:
Visualisierung des Einblasvorgangs [Warm up] bei Blechbläsern mittels Infrarot-Thermographie.
Musikphysiol Musikerved (2008), 1-5
 16. Blatt, R.:
Preventing overuse injuries in oboists.
The double reed 13 (1990), 61-66
 17. Böckelmann, I.; B. Schneyer:
Arbeitsbedingte Belastungen und Erkrankungen von Musikern.
Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 4 (2009), 237-242
 18. Böckler, R.; B. Wein; S. Klajman:
Ultraschalluntersuchung der aktiven und passiven Beweglichkeit der Zunge.
Folia Phoniatr 41 (1989), 277-282
 19. Borchers, L.; M. Gebert; T. Jung:
Mundstückkräfte und Zahnbewegungen beim Spielen von Blechblasinstrumenten.
Musikphysiol Musikerved 9 (2002), 1-7
 20. Bortz, J.:
Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler.
Springer Verlag, Berlin 2004

21. Bortz, J.; G. Lienert; K. Boehnke:
Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik.
Springer Verlag, Berlin 2000
22. Brandfonbrener, A. G.:
The Jazz musician: a challenge to arts medicine (Editorial).
Med Probl Perform Art 3 (1988), iii
23. Brandfonbrener, A. G.:
Musicians with focal dystonia. A report of 58 cases seen during a ten-year period at a performing arts medicine clinic.
Med Probl Perform Art 10 (1995), 121-127
24. Brattström, V.; L. Odenrick; E. Kvam:
Dentofacial morphology in children playing musical wind instruments: A longitudinal study.
Eur J Orthod 11 (1989), 179-185
25. Breuer, R.:
Berufskrankheiten von Instrumentalmusikern aus medizinhistorischer Sicht - Ein kurzgefasster Überblick.
Musikphysiol Musikerved 3 (1995), 19-21
26. Brevig, P.:
Holz- und Blechblasinstrumente.
In: Blum, J. (Hrsg.):
Medizinische Probleme bei Musikern.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1995,
S. 85-97, S. 116-172
27. Bühl, A.; P. Zöfel (Hrsg.):
SPSS 12. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows.
Pearson Studium Verlag, München, 9. Aufl. 2004
28. Carpentier, P.; D. Pajoni:
La langue, un ensemble musculaire complexe.
Rev Orthop Dento Faciale 23 (1989), 19-28
29. Casas, M. J.; D. J. Kenny; R. E. Macmillon:
Buccal and lingual activity during mastication and swallowing in typical adults.
J Oral Rehabil 30 (2003), 9-16
30. Chesky, K.:
Dental implants and their significance to the brass player: Part II.
ITG Journal (2005), 49-50

31. Copley, D. C.; W. J. Strong:
A stroboscopic study of lip vibrations in the trombone.
J Acoust Soc Am 2 (1996), 1219-1226
32. Culf, N.:
Musicians' injuries – a guide to their understanding and prevention.
Parapress LTD, Quarry Hill-Worplesdon-Guildford 1998,
p. 76-81
33. Dana, P.:
L'embouchure des instrumentistes à vent. Analyse et prévention.
Médecine des Arts 25 (1988), 14-18
34. Daubine-Colombe, C.; H. Vigroux:
Une enquête sur la pathologie des instrumentistes à vent professionnels : comparaison
entre des cuivres et des bois.
Médecine des Arts 8 (1994), 29-36
35. Denniz, O.; S. Savci; E. Tozkoparan; D. I. Ince; M. Ulcar; F. Ciftci:
Reduced pulmonary function in wind instrument players.
Arch Med Res 37 (2006), 506-510
36. DIMDI 2010: ICD-10 Internationale Klassifikation der Krankheiten 10. Revision
<http://www.dimdi.de/static/de/klassi/diagnosen/icd10/htmlgm2010/block-g20-g26.htm>
(Zugriff am 26.07.2010 um 12 Uhr)
37. Donnet, A. ; P. Dessi ; M. C. Koeppel :
Le syndrome de Satchmo.
Presse Med 25 (1996), 173
38. Eckley, C. A.:
Glottic configuration in wind instrument players.
Braz J Otorhinolaryngol 72 (2006), 45-47
39. Engelman, J. A.:
Measurement of perioral pressures during playing of musical wind instruments.
Am J Orthod 51 (1965), 856-864
40. Fishbein, M.; S. E. Middlestadt; V. Ottati; S. Straus; A. Ellis:
Medical problems among ICSOM musicians: overview of a national surgery.
Med Probl Perform Art 3 (1988), 1-8
41. Fiz, J. A.; J. Aguilar; A. Carreras; A. Teixido; M. Haro; D. O. Rodenstein; J. Morera:
Maximum respiratory pressures in trumpet players.
Chest 104 (1993), 1203-1204

42. Flesch, J.:
Berufs-Krankheiten des Musikers. Ein Leitfaden der Berufsberatung für Musiker, Musikpädagogen, Ärzte und Eltern.
Niels Kampmann Verlag, Celle 1925,
S. 82-113

43. Frucht, S.; S. Fahn; B. Ford:
French horn embouchure dystonia.
Mov Disord 14 (1999), 171-173

44. Frucht, S.; S. Fahn; P. E. Greene; C. O'Brien; M. Gelb; D. D. Truong; J. Welsh; S. Factor; B. Ford:
The natural history of embouchure dystonia.
Mov Disord 16 (2001), 899-906

45. Fuhrmann, S.; A. Schüpbach; U. Thüer; B. Ingervall:
Natural lip function in wind instrument players.
Eur J Orthod 9 (1987), 216-223

46. Fuhrmann, R.; P. Diedrich:
Videogestützte dynamische B-Mode-Sonographie der Zungenfunktion während des Schluckens.
Fortschr Kieferorthop 54 (1993), 17-26

47. Gallivan, K. H.; G. J. Gallivan:
Bilateral mixed laryngoceles: simultaneous stroboscovideolaryngoscopy and external video examination.
J Voice 16 (2002), 258-266

48. Gambichler, T.; S. Boms; M. Freitag:
Contact dermatitis and other skin conditions in instrumental musicians.
BMC Dermatol 4 (2004), 3

49. Ghossoub, M. S.; K. Ghossoub; A. Chaaya; G. Sleitlaty:
Orofacial and hearing specific problems among 340 wind instrumentalists in Lebanon.
J Med Liban 56 (2008), 159-167

50. Gross, M. M.; C. A. Trotman; K. S. Moffatt:
A comparison of three-dimensional and two-dimensional analyses of facial motion.
Angle Orthod 66 (1996), 189-194

51. Günther, P.; K. Zima; E. J. Seidel:
Kranio-mandibuläre Dysbalancen als Voraussetzung für professionelle Leistungen am Musikinstrument?
Musikphysiol Musikermid 12 (2005), 163-168

52. Haider, M.; E. Groll-Knapp:
Psychophysiologische Untersuchungen über die Belastung des Musikers in einem Symphonieorchester.
In: Piperek, M. (Hrsg.):
Stress und Kunst. Gesundheitliche, psychische, soziologische und rechtliche Belastungsfaktoren im Beruf des Musikers eines Symphonieorchesters.
Braumüller Verlag, Wien – Stuttgart 1971,
S. 15-37

53. Howard, J.; A. T. Lovrovich:
Wind instruments: their interplay with orofacial structures.
Med Probl Perform Art 4 (1989), 59-72

54. Iro, H.:
B-Bild-Sonographie von Mundboden, Zunge und Oropharynx.
In: Iro, H.; V. Uttenweiler; J. Zenk (Hrsg.):
Kopf-Hals-Sonographie; Eine Anleitung zur praxisbezogenen Ultraschalluntersuchung.
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 2000,
S. 58-67

55. Jabusch, H. C.:
Die fokale Dystonie bei Musikern und ihre Auswirkung auf die musikalische Performance.
Habilitationsschrift Hochschule für Musik und Theater Hannover 2006

56. Jabusch, H. C.; E. Altenmüller:
Epidemiology, phenomenology and therapy of musician's cramp.
In: Altenmüller, E.; J. Kesselring; M. Wiesendanger (Eds.):
Music, motor control and the brain.
Oxford University Press, New York 2006,
pp. 265-282

57. Jabusch, H. C.; E. Altenmüller:
Fokale Dystonie bei Musikern. Störungen der feinmotorischen Kontrolle und ihre Behandlung.
Orchester 3 (2003), 30-37

58. Kahane, J. C.; N. S. Beckford; L. B. Chorna; J. C. Teachey; D. K. McClelland:
Videofluoroscopic and laryngoscopic evaluation of the upper airway and larynx of professional bassoon players.
J Voice 20 (2006), 297-307

59. Klajman, S.; W. Huber; H. Neumann; B. Wein; R. Böckler:
Ultraschallunterschiedliche Unterstützung der Artikulationsanbahnung bei gehörlosen Kindern.
Sprache-Stimme-Gehör 12 (1988), 117-120

60. Klöppel, R.:
Das Nervensystem.
In: Klöppel, R. (Hrsg.):
Das Gesundheitsbuch für Musiker – Anatomie berufsspezifischer Erkrankungen und
Therapie.
Bosse Verlag, Kassel, 2. Aufl. 1999,
S. 253-261
61. Köpf-Maier, P.:
Kopf und Hals.
In: Köpf-Maier, P. (Hrsg.):
Wolf-Heideggers Atlas der Anatomie des Menschen,
Band 2.
Karger Verlag, Basel-Freiburg-Paris-London-New York-New Delhi-Bangkok-Singapore-
Tokyo-Sydney, 5. Aufl. 2000,
S. 28
62. Kuroszczyk, A.; F. Lampert:
Darstellung des Ansatzes von Blasinstrumenten im Fernröntgenbild.
Zahnarztl Welt 92 (1983), 46-51
63. Landeck, E.; R. Döll:
Funktionell – morphologische Aspekte der orofazialen Muskulatur bei Blechblasinstru-
mentalisten.
Anat Anz 135 (1974), 465-469
64. von Lanz, T.; W. Wachsmuth:
Praktische Anatomie; Ein Lehr- und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen
Handelns.
1. Band, 2. Teil: Hals.
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955,
S. 28-33, 204-205, 469
65. Lapatki, B. G.; I. E. Jonas:
Periorale Oberflächen-Elektromyographie : Besonderheiten, Limitationen, neue Metho-
den und ihre Anwendung in der Musikphysiologie.
4. Arbeitstagung, Motodiagnostik-Mototherapie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 20.-
21.07.2001
www.med.uni-jena.de/motorik/pdf/lapatki.pdf
(Zugriff am 26.07.2010 um 18 Uhr)
66. Lederman, R. J.:
Focal dystonia in instrumentalists: Clinical features.
Med Probl Perform Art 6 (1991), 132-136
67. Lederman, R. J.:
Embouchure problems in brass instrumentalists.

- Med Probl Perform Art 16 (2001), 53-57
68. Lim, V. K.; E. Altenmüller:
Musician's cramp: instrumental and gender differences.
Med Probl Perform Art 18 (2003), 21-26
69. Lindner, C.:
Segmentierung der Zungenkontur in Ultraschallaufnahmen.
Bachelorarbeit im Studiengang Informatik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Institut für Informatik, Bild- u. Signalverarbeitung, 2005
70. Lindner, C.; W. Angerstein; V. Aurich; T. Massing:
An algorithm for pseudo-3-D-representation of the contour of the tongue while playing
the didgeridoo.
In: Agulló, J.; A. Barjau (Eds.):
International Symposium on Musical Acoustics (ISMA), Sept. 9-12, 2007, Barcelona,
Program and Abstracts, p. 40, ISBN 84-934142-0-4
71. Liu, S.; G. F. Hayden:
Maladies in musicians.
South Med J 95 (2002), 727-734
72. Macfie, D. D.:
Asymptomatic laryngoceles in wind-instrument bandsmen.
Arch Otolaryng 83 (1966), 270-275
73. Maniere-Ewan, A.; J. M. Ducal; P. Darnault:
Ultrasound assessment of the anatomy and function of the tongue.
Surg Radiol Anat 15 (1993), 55-61
74. Mehnert, D.; E. Koch; D. Paufler; M. Schewe:
Elektromyographische Untersuchungen der Muskelaktivität bei Bläsern.
Z Gesamte Hyg 29 (1983), 209-214
75. Methfessel, G.:
Erkenntnisse und Schlussfolgerungen aus einer Longitudinalstudie zur Ableitung von
oralen Tauglichkeitskriterien für Kinder und Jugendliche während der blasinstrumentel-
len Ausbildung.
Dissertation Universität Jena (1989),
S. 6, 43-53, 92, 95
76. Methfessel, G. :
Funktionelle Aspekte im Kiefer-Gesichtsbereich bei Blasinstrumentalisten.
Musikphysiol Musikermed 2 (1995), 1-8
77. Methfessel, G. :
Die Zähne und die Blasmusik.

Kieferorthopädie 14 (2000), 45-52

78. Minifie, F. D.; C. A. Kelsey, J. A. Zagzebski:
Ultrasonic scans of the dorsal surface of the tongue.
J Acoust Soc Am 54 (1971), 1857-1860
79. Mizuno, K.; A. Ueda:
Development of sucking behavior in infants with Down`s syndrome.
Acta Paediatr 90 (2001), 1384-1388
80. Moeller, H.; S. Castringius:
Aufführungsangst als gesundheitliches Risiko bei Musikern – Ursachen, Therapie und Prävention.
In: Oerter, R.; T. H. Stoffer (Hrsg.):
Enzyklopädie der Psychologie: Musikpsychologie-Band 2-Spezielle Musikpsychologie.
Hogrefe Verlag für Psychologie, Göttingen-Bern-Toronto-Seattle 2005,
S. 525-551
81. Møller, E.; L. Werdelin; M. Bakke; T. Dalager; S. Prytz; L. Regeur:
Treatment of perioral dystonia with botulinum toxin in 4 cases of Meige`s syndrome.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol & Endodontics 96 (2003), 544-549
82. Müßig, D.:
Die Sonographie – ein diagnostisches Mittel zur dynamischen Funktionsanalyse der Zunge.
Fortschr Kieferorthop 53 (1992), 338-343
83. Newmark, J.; R. J. Lederman:
Practice doesn't necessarily make perfect: incidence of overuse syndromes in amateur instrumentalists.
Med Probl Perform Art 2 (1987), 142-144
84. Papsin; B. C.; L. A. Maaske; J. S. Mc Grail:
Orbicularis oris muscle injury in brass players.
Laryngoscope 106 (1996), 757-760
85. Penzel, E.:
Probleme des Blechblasinstrumenten-Spiels unter besonderer Berücksichtigung des Horns.
In: Wagner, C. (Hrsg.):
Medizinische Probleme bei Instrumentalisten - Ursachen und Prävention.
Laaber Verlag, Laaber 1995,
S. 103-227
86. Planas, J.:
Further experience with rupture of the orbicularis oris in trumpet players.

Plast Reconstr Surg 81 (1988), 975-977

87. Pompino-Marschall, B.:
Artikulation.
In: Pompino-Marschall, B. (Hrsg.):
Einführung in die Phonetik.
de Gruyter Verlag, Berlin-New York, 2. Aufl. 2003,
S. 47-53, 61
88. Rajput, A. K.:
Hemoptysis in musical wind instrument players.
J Assoc Physicians India 49 (2001), 1029-1030
89. Ramazzini, B.:
Untersuchung von denen Kranckheiten der Künstler und Handwercker, worinnen die
Kranckheiten, womit fast alle Künstler und Handwercker gemeiniglich befallen werden
genau beschrieben, wie durch die Kunst oder Handwerck solche zugezogen werden,
und wie man solche hernachmals aufs beste und leichteste curiren kan.
Leipzig, bey Moritz George Weidmann, Anno 1718
90. Ridley, E. A. K.:
Wind instruments of European art music.
Ed.: Inner London Education Authority.
The County Hall, Horniman Museum and Library, London 1974,
p. 15: "a classification of wind instruments"
91. Rosenstein, P.:
Trumpet playing and dentistry: an historical perspective.
ITG Journal (2005), 64-65
92. Rosset i Llobet, J.:
New tools for the assessment of the embouchure's biomechanics.
ITG Journal 29 (2005), 51-53, 81
93. Sataloff, R.; A. G. Brandfonbrener; R. J. Lederman:
Textbook of performing arts medicine.
Raven Press, New York 1991,
pp. 54-58 (chapt. 2); pp. 111-169 (chapt. 4)
94. Sataloff, R.; J. Spiegel; M. Hawkshaw:
The effects of respiratory dysfunction on instrumentalists.
Med Probl Perform Art 5 (1990), 94-97
95. Schade, C.C.:
Practical evaluation of orofacial myofunctional exercises: Implications for wind instru-
ment learning.

Music Performance Research 1 (2007), 47-65

96. Schade, G.:
Neuartige Entwicklungen in der laryngoskopischen Diagnostik.
HNO aktuell 13 (2005), 263-266
97. Schmale, H.; H. Schmidtke:
Psychophysiologische Messungen der Beanspruchung während der Orchesterarbeit
und ihrer psychosomatischen Folgen.
In: Schmale, H.; H. Schmidtke (Hrsg.):
Der Orchestermusiker, seine Arbeit und seine Belastung – Eine empirische Untersu-
chung.
Schott Verlag, Mainz-London-New York-Tokyo 1985,
S. 55-81 (Kap. III)
98. Schneider, B.; W. Seidner:
Stimmermüdung durch Blasinstrumentenspiel?
Musikphysiol Musikerved 8 (2001), 91-96
99. Schorr-Lesnack, B.; A. S. Teirstein; L. K. Brown; A. Miller:
Pulmonary function in singers and wind-instrument players.
Chest 88 (1985), 201-205
100. Schröck, A.; N. Stuhmann; G. Schade:
Flexible 'chip-on-the tip' endoscopy for larynx diagnostics.
HNO 56 (2008), 1239-1242
101. Schuele, S.; R. J. Lederman:
Occupational disorders in instrumental musicians.
Med Probl Perform Art 19 (2004), 123-128
102. Schuele, S.; R. J. Lederman:
Focal dystonia in woodwind instrumentalists: long-term outcome.
Med Probl Perform Art 18 (2003), 15-20
103. Schuman, J. S.; E. C. Massicotte; S. Conolly; E. Hertzmark; B. Mukherji; M. Z. Kunen:
Increased ocular pressure and visual field defects in high resistance wind instrument
players.
Ophthalmology 107 (2001), 127-133
104. Schuppert, M.; E. Altenmüller:
Berufsspezifische Erkrankungen bei Musikern.
Orchester 48 (2000), 24-29
105. Seidner, S.:
Zur Physiologie und Pathologie der Berufsbläser.

Wien Med Wochenschr 34 (1934), 906-995

106. Seidel, E. J.; A. Fischer; E. Loosch; E. Altenmüller; E. Lange:
Fokale Dystonie bei einer 21jährigen Querflötistin - Diagnostik, Therapie, Rehabilitation
- Fallstudie.
Musikphysiol und Musikermed 2 (2002), 61-64
107. Shawker, T. H.; B. C. Sonies:
Tongue movements during speech: a real-time ultrasound evaluation.
J Clin Ultrasound 12 (1984), 125-133
108. Shawker, T. H.; B. C. Sonies; T. E. Hall; B. F. Baum:
Ultrasound analysis of tongue, hyoid, and larynx activity during swallowing.
Invest Radiol 19 (1984), 82-86
109. Shawker, T. H.; B. C. Sonies; M. Stone:
Soft tissue anatomy of the tongue and floor of the mouth: an ultrasound demonstration.
Brain Lang 21 (1984), 335-350
110. Shoup, D.:
Survey of performance-related problems among high school musicians.
Med Probl Perform Art 10 (1995), 100-105
111. Simon, P.:
Die Systematiken der Musikinstrumente, Rahmenbedingungen und Probleme - Biblio-
graphie mit Kommentar.
Verlag Simon, Mönchengladbach, 2. Aufl. 2004,
S. 52-60 (Kap. 1)
112. Singer, K.:
Berufskrankheiten der Musiker. Systematische Darstellung ihrer Ursachen, Symptome
und Behandlungsmethoden.
Max Hesses Verlag, Berlin W 15, 1926
113. Sonies, B. C.; T. H. Shawker; T. E. Hall; L. H. Gerber; S. B. Leighton:
Ultrasonic visualization of tongue motion during speech.
J Acoust Soc Am 70 (1981), 683-686
114. Šram, F.:
Methods of investigation of creation of tones in playing wind instruments in laryngology
and phoniatic practice.
32nd Czech Conference on Acoustics
Speech – Music – Hearing
Prague, September 23 – 26 1995
pp. 143-146

115. Šram, F.; K. Axmann; B. Wein; R. Böckler; M. Etlik; S. Klajman:
Physiology of tongue shapes and movements during playing wind-instruments (ultra-sonic examination).
In: 28th Acoustic Conference on Physiological Acoustics, Psychoacoustics, Acoustics of Music and Speech, 3. – 6. 10. 89
Dom Techniky CSVTS, Bratislava 1989a
p. 261
116. Šram, F.; M. Lastovka; P. Ujcik:
Diagnostik der Erkrankungen der Sprechorgane bei Blasinstrumentalisten.
In: Das Instrumentalspiel. Bericht des Internationalen Symposiums, Wien, 12.-14.4. 1988, Doblinger Verlag, Wien-München 1989b,
S. 231-235
117. Šram, F.; K. Sedlacek; V. Hoza:
Laute und Silben der Hilfsartikulation beim Blasen von Blechblasinstrumenten.
In: Das Instrumentalspiel. Bericht des Internationalen Symposiums, Wien, 12-14.4. 1988, Doblinger Verlag, Wien-München 1989c,
S. 137-145
118. Šram, F.; J. G. Švec:
Die Tonerzeugung beim Spielen von Blasinstrumenten.
In: Pahn, J.; A. Lamprecht-Dinnesen; A. Keilmann; K. Bielefeld; E. Seifert (Hrsg.):
Sprache und Musik: Beiträge der 71. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Sprach- und Stimmheilkunde e. V., Berlin, 12.-13. März 1999.
Steiner Verlag, Stuttgart 2000 (Zeitschrift für Dialektologie und Linguistik: Beihefte; Heft 107);
S. 155-159
119. Šram, F.; B. Wein; K. Axmann; K. Böckler; S. Klajman; M. Vins; M. Etlik:
Die Tätigkeit der Zunge beim Spielen auf Blasinstrumenten - Ultraschalluntersuchungen der Zungenkontur.
In: Grundermann, H. (Hrsg.):
Die Krankheit der Stimme - Die Stimme der Krankheit.
Fischer Verlag, Stuttgart-Jena-New York 1991,
S. 213-218
120. Sullivan, W. G.:
Repair of ruptured orbicularis oris in trumpet players.
Plast Reconstr Surg 83 (1989), 578
121. Taddey, J. J.:
Musicians and temporomandibular disorders: prevalence and occupational etiologic considerations.
J Craniomandibular Pract 10 (1992), 241-244

122. Trepel, M.:
Neuroanatomie.
Urban & Fischer Verlag, München, 4. Aufl. 2008
123. Tubiana, R.:
Les dystonies des musiciens instrumentalistes.
Médecine des Arts 12 (1995), 35-39
124. Uttenweiler, V.:
Funktionelle Ultraschalldiagnostik.
In: Iro, H.; V. Uttenweiler; J. Zenk (Hrsg.):
Kopf-Hals-Sonographie. Eine Anleitung zur praxisbezogenen Ultraschalluntersuchung.
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 2000,
S. 97-109
125. Waldeyer, A.; A. Mayet ; D. Graf v. Keyserlingk :
Anatomie des Menschen, Bd. 2
de Gruyter Verlag, Berlin-New York, 16. Aufl. 1993,
S. 107, 130-131
126. Warwick, R.; P. L. Williams (Eds.):
Gray's Anatomy.
Saunders Publ., Philadelphia, 35. Edit. 1973,
pp. 687-690
127. Weait, C.; J. B. Shea:
Vibrato: Eine audio-video-fluorographische Studie beim Fagottisten.
Tibia 4 (1990), 265-268
128. Wein, B.; W. Angerstein; S. Klajman:
Darstellung der Bewegungsfolgen des Schluckvorganges mittels Sonographie und
Röntgenvideofluoroskopie.
Sprache-Stimme-Gehör 17 (1993), 65-67
129. Wein, B.; W. Angerstein; S. Klajman:
Suchbewegungen der Zunge bei einer Sprechapraxie: Darstellung mittels Ultraschall
und Pseudo-3D-Abbildung.
Nervenarzt 64 (1993), 143-145
130. Wein, B.; W. Angerstein; S. Klajman; R. Zimmermann; H. Skopnik:
Zungensonographie und Druckmessungen beim Säuglingssaugen.
Klin Pädiatr 205 (1993), 103-106
131. Wein, B.; R. Böckler; W. Huber; S. Klajman; K. Willmes:
Computersonographische Darstellung der Zungenformen bei der Bildung der langen
Vokale des Deutschen.

- Ultraschall Med 11 (1990), 100-103
132. Wein, B.; R. Böckler; S. Klajman:
Temporal reconstruction of sonographic imaging of disturbed tongue movements.
Dysphagia 6 (1991a), 135-139
133. Wein, B.; R. Böckler; R. Meixner; S. Klajman:
Ultraschalluntersuchungen der Zunge bei der Artikulation.
Sprachheilarbeit 36 (1991b), 24-27
134. Wein, B.; S. Klajman; W. Huber; W. H. Döring:
Ultraschalluntersuchung von Koordinationsstörungen der Zungenbewegung beim Schlucken.
Nervenarzt 59 (1988), 154-158
135. Wein, B.; C. Neuschaefer-Rube; G. Fischer-Wein; W. Angerstein; S. Klajman, R. W. Günther:
Analyse der Ultraschallbildsequenzen von Zungenbewegungen peripher und zentral verursachter Schluckstörungen.
Oto-Rhino-Laryngologia Nova 8 (1998), 82-87.
136. Yeo, D. K. L.; T. P. Pham; J. Baker; S. A. T. Porter:
Specific orofacial problems experienced by musicians.
Austral Dent J 47 (2002), 2-11
137. Yoshikawa, S.:
Vibration labiale et contrôle du souffle chez les joueurs de cuivres.
Médecine des Arts 26 (1998), 22-26
138. Zeller, H. J.:
Therapieempfehlungen bei Beschäftigungsneuropathien und Beschäftigungsneurosen von Blechbläsern.
Arbeitshygienische Beratungsstelle der Theater und Orchester der DDR [Berlin Ost]
Arbeitsmedizinische Informationen für Theater und Orchester
8 (1985), 1-8
139. Zeller, H. J.:
Neurogene Ansatzstörungen bei Blechblasinstrumentalisten.
In: Kreutz, R.; C. Piekarski (Hrsg.):
Verh Deutsche Gesunde Arbeitsmed
Gentner Verlag, Stuttgart 1992,
S. 764-768
140. Žuškin, E.; E. N. Schachter ; I. Kolčić; O. Polašek; J. Mustajbegović; U. Arumugam:
Health problems in musicians – a review.
Acta Dermatovenerol Croat 13 (2005), 247-251

7. Anhang

7.1 Fragebogen

Datum der Untersuchung: _____

Name, Vorname: _____

Geschlecht: _____

Geburtsdatum: _____

Nationalität: _____

Instrument(e) (mit Stimmung/ Tonhöhe): _____

Unterricht von _____ bis _____

Privatlehrer Musikschule Konservatorium
Hochschule Autodidakt Ferienkurse

Ausbildungs- und Kenntnisstand:

Anfänger Fortgeschrittener Hobbyspieler Student Semiprofi Profi

Übezeit pro Tag: _____

Nikotinkonsum: _____

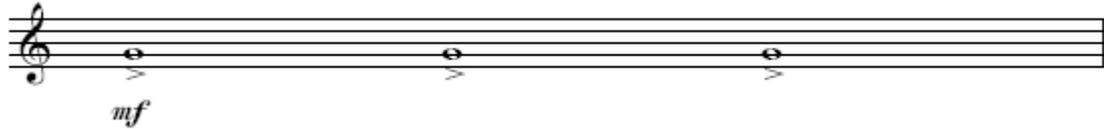
Lungenerkrankungen: _____

Sonstige schwere Erkrankungen: _____

7.2 Notenblatt

Parameter 1: Intraindividuelle Variationsbreite

1) jeden Ton so lange aushalten, bis die Luft verbraucht ist



Parameter 2: Variable Tonhöhe bei gleicher Dynamik

2a) $\circ = 60$



2b) wie 2a) nur legato 2c) wie 2a) nur piano 2d) wie 2a) nur fortissimo

8. Danksagungen

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Insbesondere danke ich den Betreuern meiner Doktorarbeit,
Herrn Univ.-Prof. Dr. med. W. Angerstein
sowie Frau Prof. Dr. med. S. Schwarze
für ihre Anleitung, Geduld und Motivation.

Desweiteren möchte ich mich bei allen Mitarbeitern des Selbständigen Funktionsbereichs für Phoniatrie und Pädaudiologie für ihre unermüdliche Hilfe bedanken. Herrn Dr. rer. san. Muth danke ich für seine tatkräftige Unterstützung bei der Überprüfung der statistischen Auswertung.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei allen Musikern, die an dieser Studie teilgenommen haben, da ohne sie die vorliegende Arbeit nicht zustande gekommen wäre.

Bei meiner Familie möchte ich mich für die Hilfe bei der Rekrutierung der Probanden bedanken.

Herzlichen Dank meinem Mann für die liebevolle Unterstützung bei der statistischen Auswertung, dem Verständnis für SPSS und für seine unermüdliche Geduld.

9. Lebenslauf

Annette Ruth Zielke, geb. Isselstein

e-mail	flecki.isselstein@gmx.de
Geburtsdatum/-ort	08.07.1981 in Krefeld
Konfession	römisch-katholisch
Familienstand	verheiratet
Staatsangehörigkeit	deutsch

Schulbildung

1987-1991	Städtische Eichendorff-Schule in Meerbusch
1991-1994	Städtisches Mataré-Gymnasium in Meerbusch
1994-2000	Erzbischöfliches Gymnasium Marienberg
Juni 2000	Abitur

Freiwilliges soziales Jahr

2000-2001	Altenheim Malteser Stift St. Stephanus in Meerbusch
-----------	---

Hochschulbildung

2001-2008	Studium der Humanmedizin, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
September 2003	Physikum
Mai 2008	2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Juni 2008	Ärztliche Approbation

Publikation

2009	W. Angerstein, A. Isselstein, C. Lindner, V. Aurich, T. Massing: Ultraschalluntersuchungen der Zunge beim Spielen von Blasinstrumenten. Musikphysiol Musikerved 1 (2009), 7-8
------	--

Ärztliche Tätigkeit

seit August 2008 Assistenzärztin bei Priv. Doz. Dr. med. U. Graeven,
Med. I, Klinik für Gastroenterologie, Hämatologie/ Onkolo-
gie,
St. Franziskus Krankenhaus, Kliniken Maria Hilf
GmbH, Mönchengladbach

2011-2012 Elternzeit

Mönchengladbach, 03. März 2011