

Aus dem Fachbereich Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

betreut am  
Zentrum der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (Carolinum)  
Poliklinik für Kieferorthopädie  
Direktor: Prof. Dr. Stefan Kopp

## **Myo- und arthrogene Befunde bei Berufsmusikern**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

vorgelegt von  
Kathrin Clasen

aus Gelnhausen

Frankfurt am Main, 2017

Dekan: Prof. Dr. J. M. Pfeilschifter  
Referent: Prof. Dr. S. Kopp / Prof. Dr. F. Schwarz  
Korreferent: Priv. Doz. Dr. O. L. Seitz  
Tag der mündlichen Prüfung: 09.05.2018

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen.....	7
2.1	Anatomische Grundlagen.....	7
2.1.1	Das kranio-mandibuläre System (CMS).....	7
2.1.1.1	Das Kiefergelenk.....	7
2.1.1.2	Kaumuskulatur.....	11
2.1.1.3	Okklusion.....	12
2.1.1.4	CMS und kranio-mandibuläre Dysfunktion (CMD).....	16
2.2	Forschungsstand – Literaturübersicht.....	18
2.3	Leitgedanken der Arbeitshypothesen.....	26
3	Material und Methode.....	30
3.1	Auswahl der Probanden.....	30
3.2	Voruntersuchung.....	31
3.3	Anamnese - und Befundbögen.....	32
3.4	Vorbereitende Maßnahmen für die Kondylenpositionsanalyse (CPA).....	32
3.5	Digitalisierung der Daten.....	33
3.6	Kondylenpositionsanalyse (CPA).....	33
3.7	Parameter der CPA.....	39
3.8	Statistische Auswertungsverfahren.....	41
4	Ergebnisse.....	43
4.1	Auswertung der Fragebögen.....	43
4.2	Myogene Befunde.....	44
4.3	Statistische Ergebnisse.....	45
4.3.1	Parameter „Rechts sagittal“ (Rs).....	45
4.3.2	Parameter „Links sagittal“ (Ls).....	48

4.3.3	Parameter „Rechts horizontal“ (Rh).....	50
4.3.4	Parameter „Links horizontal“ (Lh).....	52
4.3.5	Parameter „Transversale lateral“ (Tl).....	55
4.3.6	Parameter „Transversale vertikal“ (Tv).....	56
4.3.7	Rechts-Links-Vergleich Rs/Ls, Rh/Lh.....	58
5	Diskussion.....	60
5.1	Interpretation der Angaben in den Fragebögen.....	60
5.2	Hypothesenüberprüfung.....	62
5.2.1	Hypothese 1.....	62
5.2.1.1	Parameter Rs und Ls.....	62
5.2.1.2	Parameter Tl.....	63
5.2.1.3	Parameter Tv.....	63
5.2.1.4	Parameter Rh und Lh.....	63
5.2.2	Hypothese 2.....	64
5.2.3	Hypothese 3.....	65
5.2.3.1	Parameter Rs und Ls.....	66
5.2.3.2	Parameter Rh und Lh.....	67
5.2.3.3	Parameter Tl.....	67
5.2.3.4	Parameter Tv.....	68
5.3	Ergebnisanalyse.....	68
5.4	Material- und Methodenkritik.....	79
5.4.1	Probandenkollektiv.....	79
5.4.2	Modellherstellung.....	81
5.4.3	Kondylenpositionsanalyse.....	82
5.4.4	Statistik.....	83
5.5	Schlussfolgerung und Ausblick.....	85

6	Zusammenfassung.....	87
7	Summary.....	89
8	Literaturverzeichnis .....	91
9	Anhang.....	96
9.1	Einwilligungserklärung.....	96
9.2	Probandeninformation .....	98
9.3	Allgemeine Anamnese .....	102
9.4	Musikerspezifische Anamnese .....	103
9.5	Spezielle Anamnese .....	105
9.6	Zahnärztlicher Befund .....	106
9.7	Funktionsanalyse .....	107
9.8	Kondylenpositionsanalyse (CPA) .....	109
9.9	Abbildungsverzeichnis .....	110
9.10	Tabellenverzeichnis .....	111
9.11	Abkürzungsverzeichnis .....	112
10	Danksagung .....	113
11	Curriculum Vitae .....	114
12	Schriftliche Erklärung.....	116

# 1 Einleitung

Aufgrund ihrer spezifischen körperlichen Belastung scheinen Berufsmusiker prädisponiert zu sein für das Auftreten von Beschwerden im Bereich des muskuloskelettalen Systems [10, 14, 19, 43, 44, 47].

Zum Spielen eines Musikinstrumentes sind fein aufeinander abgestimmte Bewegungsabläufe notwendig. Je nach Musikinstrument sind vor allem Hände, Arme und Schultern sowie bei Bläsern Lippen und Zunge direkt beteiligt. Indirekt oder direkt wirken Muskelgruppen im gesamten Kopf- und Rumpfbereich mit. Bei den unterschiedlichen Musikern liegt der Fokus jeweils auf einer anderen Körperregion.

Vor allem Orchestermusiker nehmen zusätzlich viele Stunden am Tag eine sitzende Zwangshaltung ein. Häufig ist eine Rotation des Oberkörpers notwendig, um eine gute Sicht auf das Notenblatt zu bekommen und sich sowie andere Musiker in ihren Bewegungen in den beengten räumlichen Verhältnissen nicht zu behindern. Hinzu kommt ein nicht zu unterschätzender Leistungsdruck, jederzeit auf den Punkt genau einsatzbereit und präsent zu sein, um Dirigent, Kollegen und Publikum zufrieden zu stellen. Diese drei Faktoren - dauerhafte einseitige Bewegungsmuster, unnatürliche Zwangshaltungen und psychische Belastung - führen zu Verspannungen und Überlastungen im gesamten Bewegungsapparat.

Eine systematische Durchsicht von Literatur zu diesem Thema lässt die Behauptung zu, dass bei 62 bis 93 % der professionellen Musiker im Laufe ihrer Karriere Muskulatur- und Gelenkbeschwerden auftreten [20].

Erst in den letzten Jahrzehnten wird zunehmend deutlich, dass sämtliche Glieder des Bewegungsapparates nicht isoliert zu betrachten sind, sondern, vereinfacht ausgedrückt, von „Kopf bis Fuß“ alles wie an einer „Perlenkette“ miteinander verknüpft ist. Vor allem auch im zahnmedizinischen Bereich gilt es immer mehr zu beachten, dass Kiefer und Zähne nicht alleine im Fokus stehen dürfen. Ganz im Gegenteil: das kranio-mandibuläre System (CMS) – der Bereich, mit dem sich der Zahnarzt in seiner Berufsausübung vornehmlich beschäftigt – ist nur der obere, sehr begrenzte Teil der Perlenkette.

Der Kopf sitzt als oberstes Glied auf der Wirbelsäule auf und diese verbindet ihn durch ihren Verlauf, vom Cranium bis zum Sakrum, mit dem gesamten Bewegungsapparat des Menschen [7]. So kann – sehr überspitzt dargestellt – eine schlecht passende Krone durchaus für die Beschwerden im linken Fuß verantwortlich sein.

In einer Vielzahl von Studien konnte dieser funktionelle Zusammenhang zwischen dem kranio-mandibulären System (CMS) und dem gesamten Bewegungsapparat nachgewiesen werden [31–35]. Besonders im Bereich der Sportmedizin ist das Bewusstsein für die Auswirkungen eines gesunden, entspannten Kiefers auf Körperhaltung und -bewegung heutzutage präsent. In Bezug auf die körperliche Belastung und die Wichtigkeit eines schmerzfrei funktionierenden Bewegungsapparates haben Berufsmusiker einiges mit Sportlern gemeinsam. Daher liegt die Vermutung nahe, dass die körperliche und mentale Tätigkeit des Instrumentenspiels in ähnlichem Umfang von einem gesunden CMS abhängig ist wie das bei Spitzensportlern der Fall ist. Zudem ist es sehr wahrscheinlich, dass das Spielen eines Musikinstrumentes, direkt durch Kontakt zwischen Instrument und Kiefer oder indirekt durch Körperhaltung und Muskeltonus, eine besondere Belastung für das CMS darstellt.

Mittelpunkt des kranio-mandibulären Systems ist das Kiefergelenk. Es verbindet die beiden Teile – Cranium und Mandibula – miteinander und ermöglicht die Bewegung des Unterkiefers. Der Unterkiefer wird von Osteopathen und Physiotherapeuten häufig zu Recht als „Gliedermaß des Kopfes“ bezeichnet und doch nimmt er in dieser Gruppe eine Sonderstellung ein.

Die Mandibula ist im Gegenteil zu Armen und Beinen nicht paarig angelegt, sondern besitzt an ihren beiden Enden jeweils einen Kondylus, welcher Zusammen mit dem Os temporale des Craniums auf beiden Seiten ein Gelenk bildet. Beide Gelenke sind durch den bogenförmigen Verlauf der Mandibula miteinander verbunden und können niemals getrennt voneinander agieren. Eine weitere Besonderheit des Unterkiefers ist der Zahnbogen, den er trägt und welcher beim Kieferschluss auf den Zahnbogen des im Cranium fest verankerten Oberkiefers trifft. Die Position der beiden Kondylen im rechten und linken Kiefergelenk wird beim Zusammenbeißen durch diese Verzahnung bestimmt.

Der Unterkiefer erfüllt eine Vielzahl von bedeutenden und größtenteils überlebenswichtigen Aufgaben. Ohne den Unterkiefer wäre Sprechen, Kauen, Schlucken und Atmen kaum oder gar nicht möglich. Neben diesen offensichtlichen Funktionen ist er an vielfältigen weiteren Mechanismen des Körpers beteiligt. Seine Stellung wird durch Position und Haltung des gesamten Körpers beeinflusst und auch umgekehrt wirkt sich die Kieferstellung auf den Bewegungsapparat aus [1, 3–5, 31–36]. Die Kaumuskulatur kann immense Kräfte erzeugen und trägt dazu bei, dass der Unterkiefer im Zusammenspiel mit Kopf und Oberkiefer für alle Menschen ein absolut notwendiges Werkzeug darstellt.

Genau wie ein Marathonläufer auf zwei gesunde, schmerzfreie Beine angewiesen ist, benötigt ein Berufsmusiker seine Hände, Arme, Schultern und den Kopf, um viele Stunden am Tag seinen Beruf auszuüben. Auf den ersten Blick vielleicht nicht ersichtlich, ist der Unterkiefer im Zusammenspiel mit dem CMS auch für das Spielen fast jedes Musikinstrumentes von großer Bedeutung. Ohne einen beweglichen Unterkiefer, in dessen spangenartiger Form auch die Zunge liegt und agiert, wäre kein Bläser in der Lage, mit seinem Blasinstrument durch bewusstes Erzeugen von Luftströmen durch die Mundöffnung einen Ton zu erzeugen (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Bläser mit Mundstück einer Trompete, aus [48]**

Ohne seinen Unterkiefer könnte der Geiger sein Instrument nicht auf der Schulter fixieren – sein Instrument weist sogar ganz speziell eine Kinnstütze auf, die für das Positionieren des Unterkiefers vorgesehen ist (Abbildung 2).





Abbildung 2: Körperhaltung beim Geigenspiel

Der Unterkiefer mit seinen zwei komplexen Gelenken und seiner fein abgestimmten Muskulatur, die ihn in das kranio-mandibuläre System und damit in den gesamten Bewegungsapparat einbindet, ist von zentraler Bedeutung für jeden Menschen und ganz besonders auch für den Berufsmusiker.

Wie groß diese Abhängigkeit ist, zeigt sich meist erst, wenn das kranio-mandibuläre System Funktionsstörungen aufweist. Eine Vielzahl von Berufsmusikern leidet im Laufe ihres Berufslebens an einer kranio-mandibulären Dysfunktion.

Van Selms et al. schließen aus einer systematischen Durchsicht aktueller Literatur, bestehend aus 24 Beobachtungsstudien sowie Prä-Posttest-Studien, dass in der Tat die meisten Berufsmusiker, insbesondere Geiger und Bratschisten, über CMD-Beschwerden klagen [47]. Auch Jang et al. konnten in einer Befragung von 453 Orchestermusikern feststellen, dass 61 % der Teilnehmer eines oder mehrere Symptome einer CMD beklagten [19]. De Queiroz et al. kamen aufgrund der Untersuchung und Befragung von 117 Orchestermusikern zu dem Ergebnis, dass Musiker stark gefährdet sind, im Laufe ihrer Karriere an einer CMD zu erkranken [10].

Eine CMD kann sich durch die unterschiedlichsten Symptome äußern und ist nicht immer leicht zu diagnostizieren.

Genau wie der Läufer mit einem schmerzenden Bein keinen Marathon laufen kann oder zumindest erheblich beeinträchtigt ist, kann auch ein Musiker mit einer symptomatischen CMD seinem Beruf nur noch eingeschränkt nachgehen. Das Bewusstsein hierfür ist jedoch bei weitem noch nicht so anerkannt wie bei Sportlern, die ganz selbstverständlich jederzeit physiotherapeutisch oder auch psychologisch betreut werden.

Van Selms et al. stellten fest, dass trotz der eindeutigen Indizien in keiner einzigen Studie die klare Schlussfolgerung gezogen werden konnte, dass das Spielen eines Musikinstrumentes tatsächlich direkt mit CMD assoziiert ist [47]. Auffällig ist auch, dass eine Recherche zu der Thematik sehr viele Studien zum Zusammenhang zwischen kranio- mandibulärem System und Bewegungsapparat bei Sportlern und liefert, aber nur sehr wenige mit derselben Thematik bei Musikern. Die meisten Musikerstudien wurden erst in den letzten Jahren veröffentlicht und deren Ergebnisse sind meist vage und unbefriedigend. Events wie das regelmäßig stattfindende gut besuchte Symposium der DGfMM (Deutsche Gesellschaft für Musikphysiologie und Musikermedizin e.V.) und das offensichtliche Interesse der an der vorliegenden Studie beteiligten Musiker zeigen jedoch auch, dass das Bewusstsein für eine ganzheitliche Betrachtung von Körper und Psyche sowohl bei Musikern als auch Ärzten und Physiotherapeuten zunehmend an Bedeutung gewinnt. Immer häufiger werden nicht nur Sportler [4], sondern auch Musiker beispielsweise erfolgreich mit Aufbisschienen behandelt. Steinmetz et al. berichten, dass durch das Tragen von Schienen die Beschwerden der Musiker im Bereich des Nackens, der Schultern und der gesamten oberen Extremität gelindert werden konnten [43]. Dadurch wird indirekt der Zusammenhang zwischen Kieferstellung und Bewegungsapparat auch bei Musikern nachgewiesen.

In Anbetracht dieses steigenden Interesses, aber auch angesichts der noch sehr lückenhaften Beweislage zur CMD bei Musikern ist es dringend notwendig, den Zusammenhang zwischen dem Ausüben des Musikerberufes und dem Auftreten von kranio- mandibulären Dysfunktionen eingehender zu untersuchen und nachzuweisen.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung des Kiefergelenkes von Orchestermusikern, dem zentralen Dreh- und Angelpunkt des kranio-mandibulären Systems, in Abhängigkeit von Okklusion bzw. Position des Unterkiefers.

Untersucht wurde ein Probandenkollektiv aus 32 Orchestermusikern des hr-Symphonieorchesters. Nach ausführlicher Erhebung von allgemeiner und musikerspezifischer Anamnese sowie funktioneller Untersuchung des CMS und Dokumentation des Zahnstatus wurden mittels Abdrucknahme Modelle von Ober- und Unterkiefer hergestellt. Die Modelle wurden probandenspezifisch in einen Artikulator montiert, um anschließend eine Kondylenpositionsanalyse durchführen zu können. Die Kontrollgruppe bestand aus 48 der im Rahmen der Dissertationsarbeit mit dem Thema „CMD bei Kindern und Jugendlichen“ von Prof. Stefan Kopp untersuchten gesunden Probanden im Alter von 6 bis 19 Jahren [21].

## 2 Grundlagen

### 2.1 Anatomische Grundlagen

#### 2.1.1 Das kranio-mandibuläre System (CMS)

Das kranio-mandibuläre System (CMS) besteht aus den skelettalen Anteilen des Craniums einschließlich Maxilla und Mandibula, den paarigen Kiefergelenken, der Kopf- und Kaumusculatur, Anteilen der Hals- und Nackenmuskulatur sowie den Nerven, welche die skelettalen und muskulären Anteile sensibel und motorisch versorgen und miteinander verknüpfen [7]. Die Art und Weise, wie Ober- und Unterkiefer mit ihren Zähnen während der Kaufunktion bzw. beim Aufeinanderbeißen in Kontakt treten, beeinflusst durch die Lage des Unterkiefers die Position der Gelenkköpfe in den Kiefergelenken. Das Zusammenkommen der Zahnbögen wird Okklusion genannt.

##### 2.1.1.1 Das Kiefergelenk

Das Kiefergelenk (*Articulatio temporomandibularis*) ist paarig angelegt und stellt den Kontakt zwischen Unterkiefer (*Mandibula*) und Schläfenbein des knöchernen Schädels (*Os temporale*) her. Es ist dadurch sozusagen die Aufhängung des beweglichen Unterkiefers. Der walzenförmige Gelenkkopf (*Caput mandibulae*) befindet sich am Ende des aufsteigenden Unterkieferastes am *Processus condylaris* der *Mandibula*. Der Gelenkkopf (*Kondylus*) greift in die *Fossa mandibularis* bzw. *glenoidalis*, eine Vertiefung des *Os temporale*. Die Vertiefung wird ventral von einem Höcker, dem *Tuberculum articulare* mit seiner *Eminentia articularis*, begrenzt. Die Gelenkflächen des Kiefergelenkes – das walzenförmige Ende des *Kondylus* sowie die *Fossa glenoidalis* mit dem *Tuberculum* und der *Eminentia articularis* – sind mit Faserknorpel überzogen. An der Oberfläche dieser Knorpelschicht liegt das *Stratum fibrosum*, darunter folgt das *Stratum proliferativum* aus undifferenzierten Mesenchymzellen. Als unterste Schicht folgt der Faserknorpel [7]. Zwischen dem *Kondylus* und der *Fossa* befindet sich ein ebenso faserknorpeliger *Discus articularis*. Der *Discus* bildet das Zentrum des Kiefergelenks. Er verbindet die inkongruenten Flächen von *Kondylus* und *Os temporale* miteinander, ermöglicht ein reibungsfreies Gleiten des Gelenkkopfes auf der Gelenkfläche und fängt kompressive Kräfte auf. Der *Discus* hat einen bikonkaven Aufbau. Er besteht aus einem anterioren Anteil, einer Zwischenzone und einem posterioren Anteil. Medial und lateral ist er

mit der Gelenkkapsel verbunden. Durch seine zentrale Lage teilt der Discus das Gelenk in einen oberen Anteil (diskotemporaler Anteil) und einen unteren Anteil (diskomandibulärer Anteil).

Von großer funktioneller Bedeutung ist die bilaminäre Zone im dorsalen Anteil des Kiefergelenkes. Diese Zone besteht aus einem elastischen oberen Band, dem Ligamentum discotemporale und einem straffen unteren Band, dem Ligamentum discocondylare. Das obere Band verbindet den Discus mit dem Os temporale, das untere Band befestigt ihn am Kondylus. Zwischen den beiden Bändern befindet sich lockeres Bindegewebe, das von zahlreichen Gefäßen und Nervenfasern durchzogen ist. Bei einer Kompression kann dieser Bereich sehr schmerzhaft reagieren. In seinem vorderen Bereich ist der Discus mit dem Caput superior des Musculus pterygoideus lateralis und der Gelenkkapsel verbunden. Befindet sich das Kiefergelenk in der physiologischen zentralen Position, liegt die Pars posterior des Discus auf dem kranialen Teil des Kondylus [7].

Der Discus ist mit einer relativ weiten und schlaffen Gelenkkapsel verbunden, welche von außen durch mehrere Bänder verstärkt wird. In der lateralen Wand der Kapsel bilden zahlreiche kollagene Fasern das Ligamentum laterale. Die Bänder sind an der Führung des Kiefergelenkes beteiligt und hemmen unter anderem das Zurückschieben des Unterkiefers nach hinten (Retrusion). Die Gelenkkapsel wird von Ästen des Nervus mandibularis innerviert. Sie kann daher stark schmerzempfindlich reagieren [29], [25]. Die Gelenkkapsel dient zudem der Ernährung des avaskulären Gelenkknorpels und stellt durch ihr innen liegendes und an den Gelenkspalt angrenzendes Stratum synoviale die Synovialflüssigkeit zur Verfügung, die als Gleitmittel bei den Bewegungen dient [7].

Die Bewegungsabläufe der Kiefergelenke sind komplex. Sie ermöglichen nicht nur eine Mundöffnung und -schließung, sondern auch Bewegungen des Unterkiefers nach rechts und links (Latero- und Mediotrusion), nach vorne und nach hinten (Protrusion und Retrusion) sowie Kombinationen der unterschiedlichen Bewegungsrichtungen. Die Kiefergelenke unterscheiden sich von allen anderen Gelenken im menschlichen Körper. Durch den knöchernen Unterkiefer sind beide Gelenke miteinander verbunden. Das bewirkt, dass niemals ein Gelenk isoliert vom anderen bewegt werden kann [7]. Auch der beschriebene Aufbau des Kiefergelenkes ist einzigartig. Es ist ein Doppelgelenk,

welches durch Muskulatur und Bänder fixiert wird und dessen Bewegung mithilfe eines beweglichen Discus articularis und einer synovialen Gelenkflüssigkeit stattfindet [7]. Die Kiefergelenke sind also keine einfachen Scharniergelenke, bei denen eine Rotation um eine starre horizontale Achse erfolgt. Die gedachte Achse selbst bewegt sich in unterschiedlichem Umfang dreidimensional mit. Beim Öffnen und Schließen des Mundes findet im unteren Anteil des Kiefergelenkes vorwiegend eine Drehbewegung wie in einem Scharniergelenk statt. Im oberen Anteil erfolgt eine Schiebewegung – hier gleitet der Gelenkkopf im Zusammenspiel mit dem beweglich fixierten Discus entlang des Tuberculum articulare nach ventral und kaudal, die fiktive Gelenkachse folgt dieser Bewegung. Bei der Öffnung des Kiefers findet initial vorwiegend eine Scharnierbewegung statt, bei weiterer Öffnung kommt die Komponente der Schiebewegung nach anterior hinzu. Der Discus selbst gleitet bei der Mundöffnung zwischen den Gelenkflächen ebenfalls nach vorne und unten, sodass sich der Kondylus bei der maximalen Mundöffnung kaudal des anterioren Anteils des Discus befindet [7]. Wird der Unterkiefer, zum Beispiel beim Kauen, zusätzlich nach rechts und links sowie nach vorne und hinten bewegt, finden in den Kiefergelenken Rotationsbewegungen um eine transversale, eine vertikale und eine sagittale Achse statt [7].

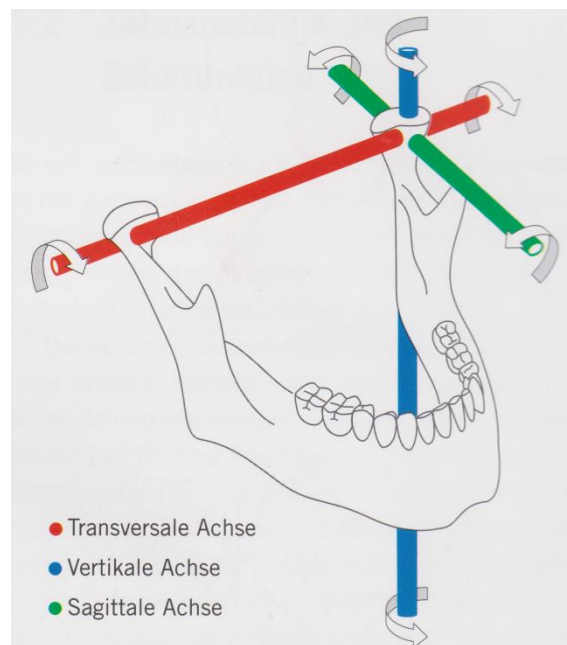


Abbildung 3: Drehachsen des Unterkiefers in Dynamik, aus [7]

Im gesunden Kiefergelenk bilden Discus und Kondylus bei der Kieferbewegung eine funktionelle Einheit, den „Discus-Kondylus-Komplex“. Ist diese Einheit, etwa bei einer Verlagerung des Discus, gestört, ist ein reibungsloser Bewegungsablauf im Gelenk nicht mehr gewährleistet.

Wichtig für das Verständnis der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Kondylenpositionsanalyse ist die Verdeutlichung, dass das Kiefergelenk in seinen Stellungen und Bewegungen einen dreidimensionalen Raum darstellt. Der Kondylus kommt in der idealen physiologischen Position in einer Stellung zum Liegen, in welcher er Ausweichmöglichkeiten in 6 verschiedene Richtungen aufweist. Diese Position wird als Zentrik bezeichnet. Der Kondylus liegt im Zentrum eines gedachten dreidimensionalen Koordinatensystems, in welchem es eine vertikale z-Achse gibt (Freiheitsgrad nach oben und nach unten), eine horizontale x-Achse (Freiheitsgrad nach rechts und links) sowie eine sagittale y-Achse (Freiheitsgrad nach vorne und nach hinten). Dieser Raum ist zwar aufgrund seiner Anatomie eng umschrieben, jedoch kann der Kondylus in jeder der 6 Richtungen und in unendlich vielen Kombinationen dieser Richtungen verlagert werden. Zu beachten ist, dass diese drei Achsen des Koordinatensystems Bewegungsrichtungen beschreiben und nicht mit den gedachten Rotationsachsen verwechselt werden dürfen.

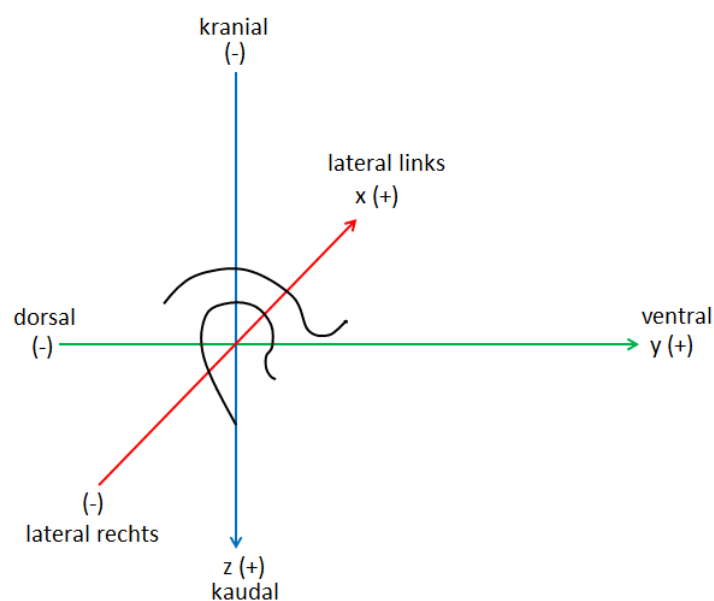


Abbildung 4: Dreidimensionales Koordinatensystem

### **2.1.1.2 Kaumuskulatur**

Die aktive Bewegung im Kiefergelenk wird durch die Kaumuskulatur ermöglicht. Die paarig angelegten Kaumuskeln ziehen vom Schädel zum Unterkiefer und werden von Ästen des N. mandibularis (3. Hauptast des N. trigeminus) innerviert [29]. Zu ihnen zählen der M. masseter, der M. temporalis sowie der M. pterygoideus medialis und lateralis.

Der M. temporalis zieht vom seitlichen Schädel, der Facies temporalis sowie von der Innenseite des Arcus zygomaticus und der Fascia temporalis profunda, fächerförmig zum Processus muscularis mandibulae. Mit seiner Pars anterior bewirkt er vornehmlich einen starken Kieferschluss, mit seiner Pars posterior zusätzlich ein Rückschieben der Mandibula. Der M. masseter, bestehend aus einem oberflächlichen und einem tieferen Anteil, verlaufend vom Unterrand des Arcus zygomaticus bis zur tuberositas masseterica seitlich der Mandibula, sorgt ebenfalls für einen Kieferschluss, mit seiner Pars superficialis zudem für einen Vorschub (Protrusion) des Unterkiefers und bei einseitiger Kontraktion zu einer seitlichen Bewegung (Laterotrusion). Der M. pterygoideus medialis sorgt in seinem Verlauf von der Fossa pterygoidea zur Tuberositas pterygoidea für Kieferschluss und Protrusion der Mandibula sowie bei einseitiger Kontraktion zu einer Laterotrusion [25]. Der zweiköpfige M. pterygoideus lateralis steht mit seinem Caput superior in direktem Kontakt zum Kiefergelenk, indem er in variablem Ausmaß an Kapsel und Diskus des Kiefergelenkes inseriert. Dadurch erfüllt er einen besonders wichtigen funktionellen Zweck. Bei Kontraktion des Muskels werden Kondylus und Diskus nach vorne und innen gezogen. Der Discus-Kondylus-Komplex wird dadurch stabilisiert, ein Abweichen des Discus wird verhindert [7]. Beide Köpfe des Muskels sind in ihrem Verlauf von der Facies infratemporalis und der Lamina lateralis des Processus pterygoideus zum diskokapsulären Komplex sowie der Fovea pterygoidea des Gelenkfortsatzes an der Mundöffnung, der Protrusion des Unterkiefers und bei einseitiger Kontraktion an einer Laterotrusion beteiligt [25, 29].



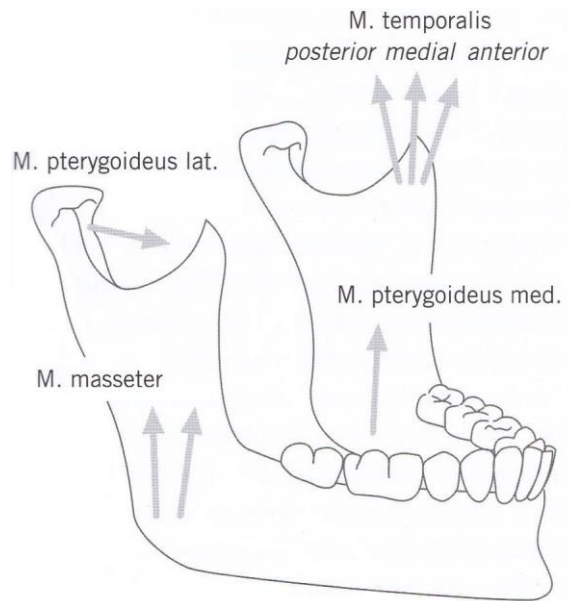


Abbildung 5: Kraftwirkungen der Kaumuskulatur [7]

Neben diesen reinen Kaumuskeln sind jedoch auch weitere Muskeln an den Bewegungen des Unterkiefers beteiligt. Dazu gehören die Rachenmuskeln, die Mundbodenmuskulatur, die Zungenbeinmuskulatur, die ventrale Halsmuskulatur und die Nackenmuskulatur [7].

Die Zungenbeinmuskulatur wird in eine Gruppe oberhalb des Zungenbeines, die suprahyoidale, und eine Gruppe unterhalb des Zungenbeines, die infrahyoidale Muskulatur, eingeteilt. Zur suprahyoidalen Muskulatur, welche die Mandibula mit dem Zungenbein (Os hyoideum) verbindet, gehören unter anderem der M. mylohyoideus und der M. digastricus. Der M. mylohyoideus bildet den Hauptanteil des Mundbodens, der vordere Bauch des M. digastricus liegt unterhalb des M. mylohyoideus. Beide sind an der Kieferöffnung beteiligt, während die infrahyoidale Muskulatur das Zungenbein fixiert, in dem sie in ihrem Verlauf unter anderem am Brustbein (Sternum) und am Schulterblatt (Scapula) inserieren [29].

### 2.1.1.3 Okklusion

Als Okklusion kann jeglicher Kontakt zwischen Ober- und Unterkieferzähnen bezeichnet werden [26]. Die Muskulatur bewegt beim Kieferschluss Ober- und Unterkiefer aktiv aufeinander zu. Das Aufeinandertreffen der Zahnreihen bestimmt aber letztendlich die Position des Unterkiefers und damit die Position der Kondylen im Kiefergelenk beim Zusammenbeißen. Die Okklusion führt die Kiefergelenke passiv in ihre Schlusspo-

sition. Genau wie die Kiefergelenke aber keine einfachen Scharniere zum Öffnen und Schließen des Mundes darstellen, ist die Okklusion nicht eine einzige statische Position, in welcher die Zahnreihen aufeinandersetzen, wenn der Mund geschlossen wird. Vielmehr stellt die Okklusion genau wie die Kiefergelenkbewegungen ein komplexes Geschehen dar, das von vielen Faktoren beeinflusst wird.

Man unterscheidet die statische von einer dynamischen Okklusion. In der statischen Okklusion treffen die Zähne in einer festen Position beim Kieferschluss aufeinander. Die dynamische Okklusion stellt das Zusammentreffen von Ober- und Unterkieferzahnreihen in den vielen möglichen Bewegungen des Unterkiefers dar. Da der Oberkiefer mit seinen Zähnen fest im knöchernen Schädel verankert ist, ist es immer der Unterkiefer, der mit seinen Bewegungen eine Okklusion „verursacht“. Die Zähne sind so geformt, dass sie beim Zusammenbeißen eine Höcker-Fossa-Beziehung miteinander eingehen können. Dabei greift der Höcker des okkludierenden Zahnes in die Fossa seines jeweiligen Antagonisten und umgekehrt. Meist wird beim Schlussbiss die Position eingenommen, bei welcher die meisten Zähne miteinander Kontakt haben, um die beste Abstützung der beiden Kiefer zu erzielen. Dieser Zustand wird maximale Interkuspitation genannt und stellt in den meisten Fällen auch die habituelle Interkuspitation dar, die Schlussbissposition, die der Mensch gewohnheitsmäßig einnimmt. Ist die Antagonistenbeziehung, z.B. durch Zahnfehlstellung oder eine fehlerhafte Morphologie, gestört, wirkt sich dies auch auf die Funktion der Kiefergelenke aus. Die meiste Zeit hält der Mensch seinen Unterkiefer in einer entspannten Ruhelage, in welcher sich die Zähne nicht berühren. Problematisch wird eine fehlerhafte Okklusion demnach vor allem, wenn zum Beispiel durch Bruxismus (Knirschen, Pressen) die Kiefergelenke dauerhaft belastet werden oder die Zahnreihen aus anderen Gründen unnatürlich lange oder stark aufeinander gesetzt werden.

Für die statische Okklusion spielt die Rotation der Kondylen um die transversale Gelenkachse die Hauptrolle, der Unterkiefer führt hierbei vorwiegend eine Öffnungs- und Schließbewegungen durch. Bei der dynamischen Okklusion wie beim Kauen kommen komplexe Bewegungen um die vertikale und sagittale Achse hinzu, wobei der Unterkiefer entsprechend gedreht und geschwenkt wird, damit die Zahnreihen zum Zermahlen von Speisen effektiv aufeinander reiben [7]. Zahntechnikermeister Michael Heinz Polz sprach schon 1974 von einer „biomechanischen Okklusion“ und stellte einen klaren

Bezug der Unterkieferbewegungen zu der Morphologie der Kauflächen her [7, 40]. Die Kaufläche eines Zahnes ähnelt einem Gebirgsrelief, durch dessen „Abhänge“ und „Täler“ sich der okkludierende Zahn des Gegenkiefers beim Kauablauf bewegen muss. Die Wege, die der jeweilige Gegenzahn dabei durchlaufen muss, werden durch den sog. „okklusalen Kompass“ beschrieben [25, 40]. Die Kaufläche muss auf eine bestimmte Art und Weise geformt sein, damit die dynamische Okklusion ungestört stattfinden kann und der okkludierende Zahn nicht etwa an einem Höcker „hängen bleibt“. Die Bewegungsbahnen verlaufen daher größtenteils in den Vertiefungen zwischen den Höckern eines Zahnes, den Fissuren [7]. Da jeder Mensch ähnliche Bewegungen mit seinem Unterkiefer ausführen kann, ähnelt sich auch die natürliche Morphologie der Kauflächen bei jedem Menschen sehr stark, es gibt nur wenige individuell abweichende Variationen. Die Bewegungen des Unterkiefers bedingen immer auch die entsprechenden Bewegungen der Kondylen in den Kiefergelenken. Da sich die Form und Stellung der Zähne direkt auf die Kaubewegungen des Unterkiefers auswirkt, hat dies auch Auswirkungen auf die Bewegungen in den Kiefergelenken. Daher ist eine Malokklusion, zum Beispiel durch Zahnfehlstellung oder fehlende Zähne, nie nur ein lokales Problem der Zähne, sondern immer auch eine Gefahr für die Kiefergelenke.

Jeder einzelne Zahn spielt wiederum eine ganz eigene Rolle in seinem Zusammenhang mit dem restlichen Gebiss. Front- und Eckzähne sind nicht nur wichtig für eine ästhetische Optik sowie für das Sprechen und Abbeißen, sondern auch für die dynamische Okklusion. Sie sind für die Disklusion, das Auseinanderbewegen der Seitenzähne aus der Okklusion heraus, bei den Kaubewegungen zuständig. Durch ihre exponierte Stellung hebeln die Front- und Eckzähne Ober- und Unterkiefer auseinander und entlasten dadurch die Seitenzähne, die ihre Funktion im Zermahlen von Speisen erfüllen. Weiterhin üben die Eckzähne auch eine statische Rolle aus. Sie sichern durch ihre anatomische Ausprägung (lange, stabile Wurzel und starke, spitz zulaufende klinische Zahnkrone) die Schlussbiss - Stellung von Ober- und Unterkiefer. Stimmen hier Stellung oder Zahnneigung nicht oder fehlt sogar ein Zahn, stört das nicht nur die Optik, sondern auch die Funktion.

Zwei sehr wichtige Begriffe, die im Rahmen dieser Arbeit immer wieder auftreten, sind „IKP“ (= maximale Interkuspitation) und „Zentrik“. Die IKP beschreibt eine Situation, in

welcher der Unterkiefer die Schlussbissstellung einnimmt, in welcher ein maximaler Kontakt zwischen der oberen und unteren Zahnreihe besteht. Diese Interkuspitation bestimmt die Stellung der Kondylen in den Kiefergelenken. Wie bereits erwähnt ist diese maximale Interkuspitation in den meisten Fällen gleichbedeutend mit der habituellen Interkuspitation, also der Position die gewohnheitsmäßig beim Zusammenbeißen eingenommen wird. Dadurch ist die damit zusammenhängende Position der Kondylen relativ einfach zu rekonstruieren. Die Zentrik dagegen ist ein komplexer, hypothetischer Zustand, der sich allein durch die Okklusion nicht darstellen lässt.

Der Begriff Zentrik steht für die ideale physiologische Kondylenposition und ist zum Beispiel von Bedeutung bei der Rekonstruktion einer natürlichen Okklusion durch Zahnersatz sowie in der Kieferorthopädie. In den letzten Jahrzehnten hat die Definition dieses Begriffes eine stetige Wandlung durchlaufen [7, 12]. Die vermeintlich günstigste physiologische Kondylenposition wurde und wird bis heute auf unterschiedliche Art und Weise definiert. Während bis zu den Sechzigerjahren eine retrokraniale Position als ideal galt, etablierte sich ab den Neunzigerjahren zunehmend ein kranioventrales Konzept. Die zentrische Kondylenposition verschob sich also bildlich gesehen von hinten/oben nach vorne/oben.

Die heutige Lehrbuchdefinition der zentrischen Kondylenposition lautet wörtlich: „kranioventrale, nicht seitenverschobene Position beider Kondylen bei physiologischer Kondylus-Diskus-Relation und physiologischer Belastung der beteiligten Gewebe“ [39]. Diese Definition wird auch durch die DGFDT (Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie) zitiert [24].

Nach heutigem Wissensstand befinden sich die Kondylen in ihrer idealen Position auf beiden Seiten in der am meisten anterosuperioren Position gegenüber der Eminentia articularis [38]. Dabei besteht laut Rocabado et al. ein Freiraum in der Sagittalen, aber nicht in der Vertikalen. Aus dieser Position heraus kann die gesunde Kaumuskulatur mit dem geringsten Kraftaufwand arbeiten, ohne dass Störungen auftreten [7].

Fukushima et al. betonen, dass es keine Zentrik ohne stabile Okklusion geben kann. Im Zweifelsfalle sei es sogar besser, eine stabile Okklusion zu erlangen, auch wenn hierbei keine zentrische Kondylenposition erreicht werden könne. Diese „adaptierte Zentrik“ werde von den meisten Patienten gut toleriert. Auch wird erörtert, dass nicht für jeden Menschen dieselbe Kondylenposition als zentrisch vorgesehen werden sollte, da sich

die Kiefergelenke in Abhängigkeit von Alter und Anatomie stark unterscheiden. Ganugapanta et al. diskutieren in diesem Zusammenhang auch die Abhängigkeit der Kondylenposition vom jeweiligen individuellen Wachstumstyp des Gesichtsschädels [13].

Die Schwierigkeit bei der Definition der Zentrik scheint die Tatsache zu sein, dass die tatsächliche Position der Kondylen nur durch komplizierte bildgebende Verfahren dargestellt werden kann. Diese Möglichkeit bietet sich im täglichen Arbeiten eines Zahnarztes in der Regel nicht und daher bleibt die Zentrik immer abhängig von der Erfahrung und dem taktilen Gefühl für die „richtige Position“ des Behandlers. Die kontroversen Diskussionen hinsichtlich der idealen Kondylenposition machen deutlich, dass nach wie vor eine kritische Betrachtung der Thematik notwendig ist.

#### **2.1.1.4 CMS und kranio-mandibuläre Dysfunktion (CMD)**

Es ist nicht einfach, klare Definitionen der Begriffe CMS und CMD zu formulieren, da in der Literatur vielfach widersprüchliche Aussagen zu finden sind. CMS steht für „Craniomandibular System“ oder „kranio-mandibuläres System“. CMD steht für die Erkrankung dieses Systems und bedeutet „Craniomandibular Disorder“ oder „kranio-mandibuläre Dysfunktion“. Wörtlich übersetzt ist das CMS also ein Bereich, welcher sich im Bereich des Kraniums und der Mandibula befindet. Es schließt damit alle Strukturen ein, die im Zusammenhang mit Kopf und Unterkiefer stehen. Die Kiefergelenke, welche Mandibula und Kranium miteinander verbinden, stehen im Zentrum des Systems und sind funktionell von großer Bedeutung. Man weiß heute, dass das kranio-mandibuläre System kein geschlossenes System ist, sondern mit dem gesamten muskuloskelettalen System des Körpers (MSS) in wechselseitiger Beziehung steht.

Wörtlich genommen ist CMD der Begriff für eine Fehlfunktion des kranio-mandibulären Systems. CMD steht für verschiedene klinische Probleme und Symptome, welcher die Kaumuskelatur, das Kiefergelenk sowie die benachbarten Strukturen, also das gesamte CMS, einschließt [15]. Die Symptome können sich in einer reduzierten Beweglichkeit der Kiefergelenke, durch Schmerzen der Kaumuskelatur oder in den Kiefergelenken, reibende oder knackende Geräusche in den Kiefergelenken bei Bewegung, generalisierte myofasziale Schmerzen oder auch einer funktionellen Beeinträchtigung der Mundöffnung äußern [19]. Das häufigste Symptom, das Hinweise auf eine bestehende

CMD gibt, scheint also Schmerz zu sein, meist im Bereich der Kaumuskulatur, aber auch im Bereich der Nacken-, Gesichts- und Kopfmuskulatur oder direkt in den Kiefergelenken. Jang et al. schließen aus einer aktuellen Literaturrecherche, dass ca. 30 bis 39,2 % der Normalbevölkerung an Symptomen leiden, die mit einer CMD assoziiert sind [19]. Bei Berufsmusikern sind es weitaus mehr, darauf soll jedoch an andere Stelle genauer eingegangen werden.

Eine wichtige Rolle in diesem System zwischen Kopf und Unterkiefer spielen außerdem die Zähne. Ohne eine stabile Okklusion kann auch keine physiologische Kiefergelenkposition bestehen, beides hängt untrennbar miteinander zusammen [12]. Sehr passend und anschaulich beschreiben Kopp et al. die Zusammenhänge von Okklusion und Kiefergelenken im CMS und die Auswirkungen einer fehlerhafter Funktion mit der bildlichen Darstellung des Systems als „sechsbeiniger Tisch“ [22]. Das erste Beinpaar steht für die Eck- und Schneidezähne von Ober- und Unterkiefer, deren Funktion, die Front-Eckzahnführung zum Schutz der Seitenzähne bei der Kaubewegung sowie die Sicherung der Ruheposition der Kiefer zuvor beschrieben wurde. Das zweite Beinpaar wird durch die Okklusion der Seitenzähne repräsentiert. Beinpaar Nummer 3 steht schließlich für das Kiefergelenk mit all seinen anatomischen Anteilen. Sind alle 6 Beine gleich lang und unversehrt, befinden sich Okklusion und Kiefergelenk im symmetrischen, stabilen Gleichgewicht. An der Aufrechterhaltung der idealen Abstützung von Okklusion und Kiefergelenk ist auch maßgeblich die Kaumuskulatur beteiligt.

Die Schwierigkeit in der Diagnostik und der Behandlung einer CMD ist die Tatsache, dass sich Funktionsstörungen und Schmerzzustände nicht auf den eng umschriebenen kranio-mandibulären Bereich beschränken und dass den beschriebenen Symptomen jeweils auch andere Störungen zugrunde liegen können. Fehlfunktionen im Kiefergelenk können Ursache für muskuloskelettale Störungen sein, die sich nicht nur durch Kiefergelenkschmerzen, sondern auch durch Kopfschmerzen, Migräne, Nacken- und Rückenschmerzen äußern. Sogar neurologische Störungen wie Tinnitus, Schwindel oder funktionelle Kardiopathie können dadurch mitverursacht oder beeinflusst werden [2, 11].

So vielfältig wie die Symptome einer CMD, so unterschiedlich und komplex sind auch deren Ursachen. Häufig wird CMD als „multifaktorielles Geschehen“ bezeichnet [47]. Okklusionsstörungen in Verbindung mit Parafunktionen werden in der Literatur als häufigste Ursache für CMD beschrieben [7, 9, 28, 41]. Damit eine CMD entsteht, müssen jedoch mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Das bedeutet, dass nicht jeder Mensch mit einer Malokklusion auch zwangsläufig an einer CMD leidet. Die fehlerhafte Okklusion muss über einen längeren Zeitraum, zum Beispiel durch Knirschen oder Pressen, aufrechterhalten werden. Der normalerweise auftretende Zahnkontakt beim Essen und Kauen, welcher durchschnittlich 10 Minuten am Tag beträgt, reicht dafür meist nicht aus. Knirschen und Pressen ist eng mit der Psyche verbunden. Durch meist nächtliche, unbewusste Aktivität der Kaumuskelatur werden Stress und Ängste abgebaut. Dieses Verhalten ist eine ganz natürliche Reaktion auf psychische Überlastung [42] und muss ebenfalls nicht zwangsläufig zu Beschwerden führen, wenn es nur selten auftritt. Jedoch kann exzessives Knirschen und Pressen auch zu einer symptomatischen CMD führen, wenn gar keine Malokklusion vorhanden ist. Es kommt dann dennoch zu einer Überlastung von Muskulatur und Kiefergelenken. Zu den drei Faktoren Okklusion, Zeit und Psyche muss zuletzt noch eine gewisse Veranlagung hinzukommen, damit Symptome der CMD entstehen oder sich manifestieren.

Zur Vereinfachung der Diagnosestellung teilen Kopp et al. die kranio-mandibulären Funktionsstörungen begrifflich dem Entstehungsort zu [22]. Je nachdem welche Komponente des CMS ursächlich schwerpunktmäßig an einem Ungleichgewicht beteiligt ist, spricht man von einer „dento-okklusogenen“ (Ursache im Bereich der Zähne), einer „myogenen“ (Ursache im Bereich der Muskulatur) oder einer „arthrogenen“ (Ursache im Bereich der Gelenke) Funktionsstörung [22]. Fast immer sind mehrere Komponenten in unterschiedlichem Ausmaß an der Entstehung und Manifestation einer CMD beteiligt.

## **2.2 Forschungsstand – Literaturübersicht**

Im Rahmen der Literaturrecherche für die vorliegende Arbeit wurde deutlich, dass der Zusammenhang zwischen kranio-mandibulärem System, Körperhaltung und Bewegung bisher vor allem im Bereich der Sportmedizin vielfach untersucht, beschrieben und auch nachgewiesen wurde. Kieferstellung und Okklusion können Kraft und Beweglich-

keit von Sportlern beeinflussen [1, 3–5, 33, 35, 36]. Dieses Wissen wird im Profisport bereits häufig durch das Tragen individualisierter Aufbissschienen zur Optimierung der Performance genutzt.

Die Anzahl aussagekräftiger Studien zu diesem Thema im Bereich der Musikermedizin ist verhältnismäßig sehr gering. Nach der Auswertung einer umfassenden Literaturrecherche 2016 berichten van Selms et al., dass in der englischsprachigen medizinischen Datenbank pubmed gerade einmal 23 Artikel zum Thema „CMD bei Musikern“ gefunden werden konnten. Davon waren nur 15 tatsächlich aussagekräftig und für die Auswertung geeignet. Bei der Suche in der Datenbank von Google Scholar konnten nur 9 weitere Artikel gefunden werden [47]. Kok et al. werteten 2015 auf ähnliche Weise eine Recherche nach Literatur zu allgemeinen muskuloskelettalen Beschwerden bei Musikern aus. Auch hier konnten nur 21 Artikel tatsächlich aufgrund ihres Studiendesigns und ihrer Aussagekraft validiert werden [20].

Die wenige verfügbare Literatur gibt jedoch eindeutige Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Spielen eines Musikinstrumentes und kranio-mandibulären Dysfunktionen. Vor allem die festgestellte Häufung von spezifischen Problemen im muskuloskelettalen System lässt das Ausmaß der Problematik bei Berufsmusikern erahnen.

Kok et al. berichten, dass 62-93 %, aller Berufsmusiker im Laufe ihres Lebens an muskuloskelettalen Beschwerden leiden und viele davon sogar gezwungen seien, ihren Beruf aufzugeben [20]. Steinmetz et al. schließen aus einer Befragung von 408 Orchestermusikern, dass bis zu 80% der professionellen Musiker an Schmerzen im Bereich des Bewegungsapparates leiden [44]. Gasenzer et al. stellten anhand einer Befragung von 740 Berufsmusikern fest, dass 66,2% der Musiker chronische Schmerzen zu beklagen haben. Am häufigsten treten diese im Bereich des Rückens auf, gefolgt von den Schultern und der Nackenpartie [14].

Die Daten zur Prävalenz von CMD, die in direktem Zusammenhang mit dem Spielen eines Instrumentes stehen, schwanken jedoch erheblich [44, 47]. Jang et al. stellten anhand einer Untersuchung und Befragung von knapp 450 Berufsmusikern 2016 fest, dass 61 % der Musiker Symptome einer CMD aufweisen [19]. Die häufigsten Symptome seien Kiefergelenk-Knacken, Kiefergelenk-Schmerzen, Schmerzen der Kopf- und



Kaumuskulatur sowie eine limitierte Mundöffnung. Heikkilä et al. wiederum dokumentierten dagegen nur bei 30% der in Finnland befragten und untersuchten Berufsmusiker orofaziale Schmerzen, bezeichnen aber selbst dies schon als alarmierend [17]. Steinmetz et al. sprechen davon, dass bis zu 70% der Geiger und Bratscher an CMD leiden, Bläser seien in ähnlichem Ausmaß davon betroffen. Es sei zudem offensichtlich, dass Musiker mit CMD-Symptomen auch in höherem Maße an Beschwerden an anderer Stelle des muskuloskelettalen Systems leiden [44].

In einer weiteren Studie, in der die Wirkung von Zahnschienen auf das Musizieren untersucht wurde, weisen Steinmetz et al. den Zusammenhang zwischen CMD und Körperhaltung und Beschwerden im Bewegungsapparat indirekt nach [43]. Durch das Tragen von dentalen Schienen konnten Beschwerden in Nacken, Schultern, Armen und Rücken beim Musizieren eindeutig gelindert werden. Die Prävalenz für Beschwerden scheint, wie in der Allgemeinbevölkerung auch, bei weiblichen Musikern größer zu sein als bei männlichen Kollegen [43].

Einen wichtigen Ansatz liefern Jang et al., die beobachteten, dass CMD-Beschwerden vor allem bei Musikern auftreten, die mehr als 3,5 Stunden täglich praktizieren [19]. In diesem Zusammenhang stellten auch Nishiyama et al. anhand einer Untersuchung und Befragung von Laienmusikern fest, dass diese aufgrund ihrer recht geringen täglichen Belastung kein nennenswert erhöhtes Risiko für CMD aufweisen als Nicht-Musiker [30]. Somit scheint der Faktor Zeit bei der Entstehung einer CMD im Zusammenhang mit dem Musizieren eine große Rolle zu spielen. Nur Berufsmusiker oder sehr exzessiv übende Laienmusiker scheinen zur Risikogruppe zu gehören.

Durch die Bewegungsabläufe und Körperhaltungen beim Spielen eines Instrumentes, welche durch Berufsmusiker viele Stunden täglich durchgeführt und eingenommen werden, entstehen massive, zum Großteil asymmetrische Belastungen für den Bewegungsapparat und damit auch für das CMS.

Auf den ersten Blick erkennbar ist die nötige Zwangshaltung des Körpers bei den sogenannten „hohen Streichern“, den Violine- und Violaspielern. Geiger halten ihr Instrument mit dem linken Arm in einer nahezu waagrechten Position und fixieren ihr Instrument mit dem Kinn. Meist wird der Kopf dabei leicht nach links geneigt, der linke Arm samt angewinkeltem Ellenbogen und Handgelenk so unter dem Instrument hin-

durch geführt, dass die Finger der linken Hand „entspannt“ das Griffbrett am schneckenförmigen Ende erreichen können. Der rechte Arm hält den Bogen und streicht ihn in unterschiedlich starkem Druck über die Saiten, möglichst ohne dabei die rechte Schulter hochzuziehen. Der Körper wird dabei ganz bewusst in eine bestimmte Zwangshaltung gebracht, der Musiker passt sich so gut es geht den Gegebenheiten des Instrumentes an, um es bestmöglich zu „bedienen“. Die Körperhaltung beim Spielen der Bratsche oder Viola ist sehr ähnlich, mit dem Unterschied, dass die Bratsche größer und schwerer ist als die Violine. Sehr häufig berühren sich die Ober- und Unterkieferzähne beim Spielen, sie stehen mehr oder weniger stark in Okklusion. Oft findet diese Okklusion durch den Druck des Instrumentes auf die linke Seite der Mandibula sogar zur rechten Seite verschoben statt, sodass es zu einem Kreuzbiss kommt und vor allem der Kondylus des rechten Kiefergelenkes stark in seine Fossa gepresst wird.

Steinmetz et al. konnten beobachten, dass dabei ein Druck zwischen 30 und 70 N auf das Kiefergelenk einwirkt [44].

Die gesamte orofaziale Muskulatur und besonders auch die Nackenmuskulatur ist alleine am statischen Halten des Instrumentes beteiligt, bei der Bewegung kommen noch mehrere Muskelgruppen hinzu. Das kranio-mandibuläre System wird hierbei direkt und indirekt in hohem Maße belastet.

Auch bei Bläsern wird die orofaziale Muskulatur stark angespannt, um einen Ton zu erzeugen. Zudem werden die Mundstücke häufig in direkten oder engen Kontakt mit den Frontzähnen gebracht. Yeo, Pham et al. beschreiben, dass zum Spielen eines Blasinstrumentes der Mund auf die Art und Weise geformt werden muss, dass Lippe, Zunge und Zähne sowohl eine Abdichtung als auch eine Art Trichter für die Luft bilden. Dabei sei je nach Mundstück ein völlig unterschiedliches Formen des Mundes nötig [48]. Bei der Tuba wird das Mundstück von außen gegen die Frontzähne gepresst, bei der Klarinette beispielsweise als dünnes Plättchen zwischen die Zähne geklemmt. Die Mund- und Gesichtsmuskulatur muss hohe Kräfte aufbringen, um das jeweilige Mundstück abzudichten. Bei Bläsern entstehe im Bereich der Lippen ein Anpressdruck von bis zu 100 N [44]. Zur Erzeugung des notwendigen Luftstromes in das Mundstück werden eine Vielzahl von weiteren Körperbereichen aktiviert, unter anderem die Zunge, die Wangen- und Halsmuskulatur sowie das Zwerchfell. Die Arme werden hierbei in unterschiedlicher Höhe zum Halten und Spielen benötigt.

Steinmetz et al. bezeichnen Berufsmusiker haltungsbedingt eindeutig als Risikogruppe für CMD [44]. Es werden vor allem Geiger, Bratscher, Holz- und Blechbläser und Sänger zur Risikogruppe gezählt. Scheinbar sind nicht alle Musiker in ähnlichem Umfang von CMD betroffen. Auch de Queiroz et al. nehmen hier eine strikte Einteilung vor. Als Instrumenten mit einem hohen Risiko für CMD werden hier Geige, Bratsche, Posaune, Tuba, Klarinette und Saxophon genannt. Als Kontrollgruppe wurde in deren Studie sogar der Rest des Orchesters herangezogen, die als Nicht-Risiko-Gruppe gilt [10].

Die Gefahr an einer CMD zu erkranken, ist also offensichtlich unter anderem abhängig von dem jeweiligen Instrumententyp. Ursache hierfür ist vermutlich vor allem die beim Spielen eingenommene Körperhaltung, die den Bewegungsapparat und das CMS auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlichem Ausmaß belastet. Die Stellung der Arme und der direkte Kontakt des Instrumentes scheinen die größte Auswirkung zu haben [19, 30]. Vielfach wird betont, dass zum Beispiel tiefe Streicher wie Cellisten weniger von Problemen im Bereich des CMS betroffen seien [10, 19, 44].

Kok et al. stellten im Widerspruch dazu in ihrer Literaturrecherche zu allgemeinen Beschwerden im muskuloskelettalen System fest, dass es diesbezüglich keine spezielle Risikogruppe unter den Musikern gibt. Hier schienen alle Arten von Instrumenten das gleiche Risiko für Probleme zu bergen [20]. Differenziertere Untersuchungen sind dringend notwendig.

Vor allem bei Orchestermusikern kommt zu der eingenommenen Zwangshaltung beim Spielen des Instrumentes hinzu, dass die Tätigkeit sitzend ausgeführt wird. Die sitzende Haltung belastet den Bewegungsapparat in großem Maße, eine große Zahl von muskuloskelettalen Problemen können damit in Verbindung gebracht werden [45]. Szczygiel et al. resümierten 2017 aufgrund einer eingehenden Literaturrecherche in medizinischen Datenbanken wie Science Direct, Scopus, PubMed und Google Scholar, dass die sitzende Körperhaltung vor allem im Zusammenhang mit Erkrankungen der Hals- und Lendenwirbelsäule stehe. Zusätzlich schränke die Haltung sehr stark die natürliche Atmung ein. Schultern und Kopf werden im Sitzen permanent in eine unphysiologische Position gebracht [45]. Wenn bereits statisches Sitzen ohne zusätzliche körperliche Anstrengung zu schwerwiegenden Problemen führt, ist es sehr wahrscheinlich, dass

die Kombination der sitzenden Haltung mit der stark belastenden Zwangshaltung beim Spielen eines Instrumentes noch viel gravierende Auswirkungen auf den Körper hat. Durch die erschwerte Atmung müssen zudem vor allem Bläser ständig gegen einen zusätzlichen Widerstand arbeiten und den behinderten Luftstrom auf andere Weise kompensieren, zum Beispiel durch eine veränderte Oberkörperneigung oder Kopfhaltung.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Entstehung einer CMD hat wie zuvor beschrieben die Psyche. Ängste und Stress bewirken, dass Ober- und Unterkieferzähne aufeinander gepresst und gerieben werden, wobei dies meistens vorwiegend unbewusst im Schlaf stattfindet [42, 47]. Überlastung der beteiligten Muskulatur und der Kiefergelenke sowie langfristige Schäden am Parodont und der Hartschubstanz der Zähne sind die Folge. De Queiroz et al. identifizierten Lampenfieber und Leistungsdruck bei Musikern ganz klar als Ko-Faktor für die Entstehung von CMD. Nicht nur nachts, sondern auch täglich in ihrer Berufsausübung bestehe die Gefahr von innerer Anspannung, die sich auf Kiefer- und Nackenmuskulatur überträgt. Untersuchungen zur der Diskussion, ob durch Leistungsdruck induzierter Bruxismus und angespannte Körperhaltung oder die Körperhaltung selbst größeren Einfluss auf die Entstehung einer CMD bei Musikern haben, konnten bei der Recherche für die vorliegende Arbeit nicht gefunden werden [10]. Diesbezüglich sollten weitere Nachforschungen angestellt werden.

J.L. Hatfield, Lehrer an einer norwegischen Musikakademie, beschrieb einen interessanten psychologischen Ansatz, der bei Sportlern schon lange Verwendung und Anklang findet und auch bei Musikern zu besseren Leistungen durch Stressreduktion führen könnte [16]. Hatfield praktizierte mit Musikern ein von Sportlern übernommenes und leicht modifiziertes mentales Training, bei welchem unter anderem Zielsetzung, aufmerksames Fokussieren, Beherrschung von Aufregung, Vorstellungskraft und Umgang mit Versagen und Versagensängsten geübt wurde. Schon nach einigen Wochen berichteten die Teilnehmenden von geringerer körperlicher Anspannung und besserer Konzentration. Nächtliches Knirschen und Pressen und die daraus folgende Überlastung des CMS könnten durch Übungen dieser Art sicherlich gemindert werden. Die

Parallelen zwischen dem Beruf eines Leistungssportlers und dem eines Berufsmusikers werden dabei erneut offensichtlich.

Während sich die bisher beschriebenen Studien vor allem auf temporär auftretende Beschwerden durch die beim Spielen eines Musikinstrumentes entstehenden Belastungen beziehen, berichten Kovero et al. sogar von Veränderungen des knöchernen Gesichtsschädels durch die spezielle orofaziale Muskelaktivität bei Geigern und Bratschern [23]. Anhand von Röntgenbildern wurde die Morphologie der Gesichtsschädel von 26 erwachsenen professionellen Geigern und Bratschern mit der einer Kontrollgruppe von Nichtmusikern verglichen. Auch hier wurde die außergewöhnliche körperliche Belastung beim Musizieren beschrieben. Zu der asymmetrischen Muskelaktivität im Bereich des Gesichtes, des Nackens und der Schultern komme zudem noch der Aspekt der Vibrationen und des nicht ganz unerheblichen Gewichtes, welches das Instrument auf den Musiker übertrage. Weiterhin wird der häufig ausgeklammerte Faktor aufgegriffen, dass professionelle Musiker in den allermeisten Fällen schon in frühem Kindesalter mit dem Musizieren beginnen. Es wird die Hypothese formuliert, dass die besondere Belastung beim Musizieren sich bereits früh auf das Wachstum und die Entwicklung der betroffenen knöchernen Strukturen auswirkt.

Kovero et al. konnten feststellen, dass die untersuchten Geiger und Bratscher eine geringere Gesichtshöhe aufwiesen. Weiterhin wurden verstärkt anteinklinierte Oberkiefer-Frontzähne festgestellt sowie eine im Vergleich zu Nichtmusikern größere Länge des Unterkiefers. Es konnten keine signifikanten Asymmetrien im Bereich des Gesichtsschädels vermerkt werden. Die asymmetrische Haltung beim Geigen- und Bratschenspiel, bei welcher das Instrument gegen den linken Unterkieferast gedrückt wird und eine Verschiebung der Mandibula nach rechts sowie eine Kompression des rechten Kiefergelenkes stattfindet, hätte die Vermutung nahegelegt. In vielen weiteren Studien wird berichtet, dass die asymmetrische Körperhaltung bei Instrumenten wie Geige und Bratsche nicht die angenommene asymmetrische Auswirkung auf Bewegungsapparat und CMS zu haben scheint, so zum Beispiel von Kovero et al., Kok et al. und Steinmetz et al. beschrieben [20, 23, 43, 44]. Dieser Punkt sollte auch in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen und näher untersucht werden.

Hinsichtlich der Kompression der Kiefergelenke bei hohen Streichern wurden in der Literatur bisher einige Fälle beschrieben. So z.B. durch Rieder et al. [37], die den Fall einer 20-jährigen Violinistin beschreiben, die, vermutlich durch den starken Druck ihres Instrumentes auf den Unterkiefer, Probleme durch degenerative Veränderung der Strukturen im rechten Kiefergelenk bekam.

Ähnliches wurde in einer Studie von Brattström et al. zum Thema „Dentofacial morphology in children playing musical wind instruments“ herausgefunden [8]. Es wurde im Zusammenhang mit Kiefergelenksproblemen eine geringere vordere Gesichtshöhe festgestellt sowie eine breitere Ausformung der Zahnbögen. Ebenso wurde diskutiert, ob die beim Spielen des Instrumentes veränderte muskuläre Spannung Auswirkungen auf das Knochenwachstum der Musiker im Bereich des Gesichtsschädels hat.

Vielleicht bewirken die beim Musizieren auf das kranio-mandibuläre System wirkenden Kräfte ähnlich wie ein funktionskieferorthopädisches Gerät eine entsprechende Reaktion von Knochen, Zähnen und Muskulatur. Dadurch könnten auf negative Weise Veränderungen von Okklusion und Biss oder sogar die anatomische Form der Kiefergelenke verändert werden, sodass Musiker dadurch langfristig prädestiniert sind für eine kranio-mandibuläre Dysfunktion.

Zamorano et al. formulieren einen weiteren interessanten Ansatz, welcher die Häufung der CMD-Symptome und die häufig geäußerten chronischen Beschwerden bei Berufsmusikern erklären könnten. Aufgrund einer vergleichenden Studie mit Musikern und chronischen Schmerzpatienten vermuten Zamorano et al., dass durch das ständige Üben und Ausführen derselben Bewegungen bei den Musikern bestimmte somatosensorische Bahnen gebildet werden. Dadurch erhöhe sich das Risiko für chronische Schmerzen. Es wurde festgestellt, dass schmerzfreie Musiker, ähnlich wie chronische Schmerzpatienten, eine höhere Empfindlichkeit auf Berührungen, Druck und Temperatur aufwiesen sowie eine herabgesetzte taktile Differenzierung im Vergleich zu schmerzfreien Nicht-Musikern.

Es kann also anhand der bisher publizierten Literatur folgendes Resümee gezogen werden: Berufsmusiker scheinen durch eine Vielzahl von Faktoren in hohem Maße für die Entstehung von kranio-mandibulären Dysfunktionen prädisponiert zu sein. Die Prä-

valenzdaten sprechen dafür, dass tatsächlich die meisten Musiker im Laufe ihres Lebens berufsbedingt kurz- oder langfristig an Beschwerden im muskuloskelettalen System und ganz speziell im Bereich des kranio-mandibulären Systems leiden. Aufgrund der bisher noch unbefriedigenden Beweislage des direkten Zusammenhanges zwischen der Berufsausübung und der Entstehung der Erkrankung sowie der geringen Anzahl an aussagekräftigen Studien zu diesem Thema scheinen weiterführende Untersuchungen dringend notwendig zu sein.

### **2.3 Leitgedanken der Arbeitshypothesen**

Die Motivation zur Durchführung der in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Studie war es, den bereits mehrfach vermuteten und beschriebenen Zusammenhang zwischen dem langjährigen, intensiven Spielen eines Musikinstrumentes und der Entstehung von kranio-mandibulären Dysfunktionen näher zu untersuchen und von unterschiedlichen Blickwinkeln aus zu betrachten.

Dabei sollte durch eine eingehende zahnärztliche und funktionelle Voruntersuchung sowie ausführliche Erhebung der allgemeinen sowie speziellen Anamnese das gesamte Spektrum der breit gefächerten Symptomatik von CMD erfasst werden.

Der Fokus der Studie lag auf dem Kiefergelenk der Musiker bzw. ganz speziell auf der Position der Kondylen im Kiefergelenk.

Das Spielen fast aller Musikinstrumente bedingt eine Zwangshaltung der oberen Extremität – durch das meistens recht beengte Sitzen im Orchester kommt häufig eine übermäßige Rotation der gesamten Wirbelsäule dazu, auch die untere Extremität wird dadurch stark belastet. Nicht nur der Körper vom Hals abwärts ist bei Berufsmusikern starken muskulären Belastungen ausgesetzt, auch und vor allem das kranio-mandibuläre System wird zum Spielen eines Instrumentes auf ganz besondere Art und Weise eingesetzt, bewusst oder auch unbewusst angespannt und unter Druck gesetzt.

„Dreh- und Angelpunkt“ ist hierbei das paarige Kiefergelenk, welches mithilfe der fein aufeinander abgestimmten Kaumuskulatur die Bewegungen des Unterkiefers erlaubt. Ohne einen beweglichen Unterkiefer, eine bewegliche und entspannte Zunge sowie eine gesunde Gesichtsmuskulatur könnte kein Bläser seinem Instrument einen Ton entlocken. Und ohne den im Kiefergelenk beweglich am knöchernen Schädel „hängen-

den“ Unterkiefer könnte kein Streicher seine Geige oder Bratsche zum Spielen fixieren. Durch dauerhaft ungünstige Körperhaltung und Bewegungen sowie durch direkten oder indirekten Druck sind Kausystem, Zähne und speziell der Unterkiefer besonderen Belastungen ausgesetzt. Die Position des Unterkiefers, der Zähne und der Kondylen in den Kiefergelenken könnten dadurch langfristig verändert werden.

Die am Aufbau der Kiefergelenke beteiligten Gewebe sind besonders flexibel in ihrer Reaktion auf unterschiedliche Belastungen. Deshalb liegt die Vermutung nahe, dass dort die größten anatomischen Veränderungen stattfinden, wenn eine langfristige Überlastung besteht.

Die Kondylen befinden sich in der sogenannten idealen zentrischen Position, wenn sie im dreidimensionalen Raum des Gelenkes so positioniert sind, dass sie in alle Richtungen die bestmöglichen Ausweichmöglichkeiten haben. Stöße und Drücke können so am besten aufgefangen werden, ohne dass der Kondylus an eine der umgebenden knöchernen Strukturen anstößt. Die umgebenden Gewebe werden in dieser Position weder gequetscht noch anderweitig belastet.

Kommt es kurz- oder langfristig zu abweichenden Belastungen des Kiefergelenkes, ist es in der Lage, schnell und effektiv zu seinem Schutz zu reagieren.

Die Gelenkflächen, Kondylus, Fossa glenoidalis, Tuberculum und Eminentia articularis, sind mit Faserknorpel überzogen. Die oberste Schicht wird als Stratum fibrosum bezeichnet, darunter folgt das Stratum proliferativum aus undifferenzierten Mesenchymzellen. Die unterste Schicht ist der Faserknorpel [7]. Diese Schichtung ist typisch für ein anpassungsfähiges Gewebe, welches in der Lage ist, Umbauprozesse zur Adaptation zu initiieren. Der Discus articularis ist elastisch und bikonkav geformt. Er gleicht dadurch ideal die Inkongruenz der aufeinandertreffenden Gelenkflächen aus [29]. Sowohl die Gelenkflächen als auch der Discus puffern Stöße und Drücke effektiv ab.

Bei einer dauerhaften Über- und Fehlbelastung kommt es langfristig zu Formveränderungen der beteiligten Gewebe und zu degenerativem arthrotischem Gelenkumbau [7]. Zunächst finden eine Knorpelhypertrophie und eine gleichzeitige Resorption von Knochengewebe statt. Später kommt es zu einer Formveränderung der Gelenkflächen. Das Gelenk schützt sich durch diese Veränderung selbst, denn die Knorpelverdickung



führt zu einer besseren Druckabsorption. Gleichzeitig verschlechtern sich dabei jedoch die biomechanischen Eigenschaften des Gelenkes und die Anzahl an undifferenzierten Mesenchymzellen nimmt ab. Das Gelenk verliert dadurch seine Flexibilität und kann auf weitere Angriffe schlechter reagieren. Es kommt zu degenerativen Veränderungen [7]. Das Gelenk passt sich zunächst durch Umbau der Gewebe an, um der übermäßigen Belastung standzuhalten. Ist eine weitere Anpassung nicht mehr möglich, kommt es zur Zerstörung der beteiligten Gewebe.

Eine abweichende Kondylenposition könnte ein Hinweis auf solche degenerativen Prozesse sein. Durch langfristige Kompression der Kiefergelenke, zum Beispiel durch den Druck auf den linken Unterkieferrand beim Spielen von Geige und Bratsche, könnten die Gewebe der Gelenke entsprechend reagieren und der Kondylus könnte dem komprimierten Gewebe in seiner Lage folgen. Vielleicht erfährt der knöcherne Kondylus sogar selbst durch anpassende Umbauprozesse eine Formveränderung und kommt allein dadurch an einer nicht physiologischen Stelle im Kiefergelenk zum Liegen. Diese Überlegungen führten zur Formulierung der Arbeitshypothesen, welche der vorliegenden Arbeit zugrunde liegen. Auf die Bedeutung der Kondylenposition im Zusammenhang mit dem gesamten CMS soll an späterer Stelle noch genauer eingegangen werden.

Zur Verifizierung bzw. Falsifizierung der entwickelten Hypothesen wurde bewusst auf eine Gruppe von Berufsmusikern, in diesem Fall Orchestermusikern, zurückgegriffen, da hier die vermuteten Belastungen am ehesten zu erwarten sind und die Musiker unter ähnlichen Bedingungen und mit ähnlichem Zeitaufwand ihrer Tätigkeit nachgehen. Als Kontrollgruppe diente eine Kohorte gesunder, junger Nichtmusiker.

**Hypothese 1:**

Das langjährige, intensive Spielen eines Musikinstrumentes hat Auswirkungen auf die Position der Kondylen im Kiefergelenk.

**Hypothese 2:**

Durch die teilweise stark asymmetrische Körperhaltung beim Spielen eines Instrumentes verändert sich die Kondylenposition im rechten und linken Kiefergelenk in unterschiedlichem Maße.

**Hypothese 3:**

Die Veränderung der Kondylenposition ist abhängig davon, welches Instrument der Musiker spielt – „Streicher“ und „Bläser“ im Vergleich.

### **3 Material und Methode**

Im Studienablauf der vorliegenden Arbeit folgten viele einzelne Schritte direkt aufeinander und waren untrennbar mit der Verwendung von Fragebögen und Materialien verbunden. Daher erfolgt parallel zur Beschreibung der Methode die Erläuterung des Materials.

Im Folgenden werden die Kriterien zur Auswahl der Probanden genannt und die standardisierten Befund- und Anamnesebögen aufgeführt. Weiterhin wird erläutert mithilfe welcher Mittel Gipsmodelle von Ober- und Unterkiefer hergestellt und wie diese im Artikulator montiert wurden. Außerdem erfolgt eine Vorstellung des zur Kondylenpositionsanalyse (CPA) verwendeten „Artex reference sl“ der Firma Girrbach nach Prof. Dr. R. Slavicek.

#### **3.1 Auswahl der Probanden**

Um eine möglichst hohe Aussagekraft der erhobenen Befunde zu erzielen, war es notwendig eine Gruppe von Musikern auszuwählen, die in ihrer täglichen Ausübung denselben oder zumindest ähnlichen äußeren Umständen ausgesetzt sind. Dadurch sollte der sicherlich dennoch immer vorhandene Einfluss der jeweiligen individuell unterschiedlichen äußeren Einflüsse sowie Belastungen auf Körper und Psyche auf die Untersuchungsparameter minimiert werden. Da ein Hobbymusiker, der nur wenige Stunden in der Woche übt, einer weniger ausgeprägten Belastung durch sein Instrumentenspiel ausgesetzt ist, sollten ausschließlich Berufsmusiker für die Studie untersucht werden. Da in einem großen Orchester viele Berufsmusiker im selben Rahmen mit ähnlichem Zeitaufwand ihrer musikalischen Tätigkeit nachgehen, schien es am sinnvollsten, Musiker aus dieser Berufsgruppe zu „rekrutieren“. Das Probandenkollektiv bestand daher aus 32 Mitgliedern des hr-Symphonieorchesters. Das Durchschnittsalter der Probanden lag bei 41,9 Jahren, davon waren 13 weiblich und 19 männlich.

Da nicht nur Musiker mit Nicht-Musikern, sondern auch die Musikergruppen untereinander verglichen werden sollten, wurde die Kohorte der Musiker in „Bläser“ und „Streicher“ eingeteilt: Zu der Gruppe der „Streicher“ zählten ausschließlich „hohe Streicher“, also Geiger und Bratscher. Zur Gruppe der „Bläser“ zählten alle anderen

Orchesterteilnehmer. Bei der Rekrutierung der Studienteilnehmer wurde darauf geachtet, dass in etwa gleich viele „Streicher“ wie „Bläser“ involviert wurden. 15 der 32 untersuchten Musiker waren Streicher, hiervon waren 7 Probanden Bratscher und 8 davon waren Geiger. 17 Probanden zählten zur Gruppe der Bläser. Diese Auswahl erfolgte auf Grundlage von Hypothese 3, unter der Annahme, dass „hohe Streicher“ durch die spezielle, „hohe“ Haltung ihres Instrumentes anderen körperlichen Belastungen während des Instrumentenspiels ausgesetzt sind als der Rest des Orchesters.

Als Kontrollgruppe zum Vergleich der gesamten Musikkohorte diente eine Gruppe von 48 gesunden Kindern und Jugendlichen (Nicht-Musikern) zwischen 6 und 19 Jahren. Die Messdaten dieser Kontrollgruppe stammen aus der Habilitationsschrift „CMD bei Kindern und Jugendlichen“ (2004; Kopp, S.) [21].

### **3.2 Voruntersuchung**

Zunächst wurden die Probanden ausführlich über das geplante Vorgehen im Rahmen der Studie aufgeklärt. Anschließend wurde eine Einverständniserklärung unterschrieben, wenn keine Fragen mehr bestanden.

Zu Beginn der Untersuchung wurde jeder der teilnehmende Musiker eingehend befragt. Mithilfe eines standardisierten Anamnesebogens wurden allgemeine Erkrankungen und Risiken festgestellt oder ausgeschlossen. Weiterhin wurden die Musiker intensiv zu ihren jeweiligen Instrumenten und Spielgewohnheiten befragt. Tägliche Spieldauer und Beginn des Praktizierens sowie Position im Orchester wurden angegeben. Anhand einer Skala von 0 (gar nicht) bis 10 (sehr stark) sollte eingeschätzt werden, wie stark die psychische Belastung durch den Beruf empfunden wird. Auch zusätzliche Aktivitäten in der Freizeit wie Sport oder das Spielen eines weiteren Instrumentes wurden nicht ausgeklammert. Ein spezieller Anamnesebogen gab Aufschluss über vorhandene oder bereits erfahrene Beschwerden im Bereich des Bewegungsapparates und ganz speziell im Bereich des kranio-mandibulären Systems. Erfahrungen mit bereits erfolgten Behandlungen wie zum Beispiel Physiotherapie, Zahnbehandlungen oder das Tragen von Zahnschienen wurden besprochen. Nachdem durch die Befragung bereits bestehende Probleme oder Hinweise auf mögliche CMD-Symptome dokumentiert waren, erfolgte eine manuelle Funktionsanalyse des kranio-mandibulären Systems. Myogene, arthrogene und funktionelle Störungen wurden auf dem standardmäßig in der

kieferorthopädischen Abteilung des Carolinums verwendeten Bogen dokumentiert. Zuletzt erfolgte eine Inspektion der Mundhöhle, vor allem in Hinblick auf Zahnstellung, Abrasionen, parodontale Erkrankungen, Rezessionen, fehlende Zähne sowie bestehenden Zahnersatz. Dabei sollte vor allem auch vermieden werden, dass es bei der anschließende Abdrucknahme durch Zahnlockerung oder ähnliches zu Komplikationen kam.

### **3.3 Anamnese - und Befundbögen**

Folgende Anamnese- und Befundbögen kamen zum Einsatz:

- Allgemeine Anamnese zur Erfragung von systemischen Grunderkrankungen
- Musikerspezifische Anamnese mit Fragen zu Spielgewohnheiten
- Spezielle Anamnese zur Erfragung von subjektivem Empfinden u. ggf. Beschwerden im Bereich des kranio-mandibulären Systems im Zusammenhang mit dem Spielen des jeweiligen Instrumentes
- Funktionsanalyse zur Dokumentation von arthrogenen und myogenen Befunden
- Zahnmedizinischer Befundbogen zur Dokumentation des Zahnstatus

Die Zusammenstellung der Fragen und Befunde in der allgemeinen und speziellen Anamnese sowie der Funktionsanalyse erfolgte in Anlehnung an die standardmäßig im Carolinum verwendeten Bögen bei der Erstaufnahme von Patienten. Durch die Erfragung der allgemeinen Gesundheit sollten vor allem ggf. bestehende Risiken während der Untersuchung minimiert werden.

### **3.4 Vorbereitende Maßnahmen für die Kondylenpositionsanalyse (CPA)**

Folgende Maßnahmen waren für die anschließende Kondylenpositionsanalyse notwendig:

- Abdrucknahme von Ober- und Unterkiefer mit dem Abdruckmaterial Alginate unter der Verwendung von Konfektionslöffeln
- Anlegen eines Transferbogens zur arbiträren Scharnierachsenbestimmung bzw. zum späteren schädelbezogenen Montieren des Oberkiefermodells im Artikulator (artex sl, Amann Girrbach)

- Bissnahme mit Luxabite, einem Bissregistriermaterial auf BIS-Acrylatbasis mit hoher Genauigkeit, in annähernder Zentrik unter Verwendung eines horizontalen Frontzahn-Jigs (NTI-tss) sowie in habitueller Okklusion

Durch Ausgießen der Abdrücke wurden Gipsmodelle von Ober- und Unterkiefer hergestellt. Diese wurden mithilfe des Transferbogens Probanden-spezifisch mit magnetischen Montageplatten und Artikulationsgips im Artikulator montiert.

### **3.5 Digitalisierung der Daten**

Zur langfristigen Archivierung erfolgte eine Digitalisierung der analogen Daten. Die im Artikulator montierten Modelle wurden hierzu in einem aufwendigen Verfahren sowohl in zentrischer als auch in habitueller Okklusion dreidimensional gescannt (Laserscanner ZirkonZahn). Anschließend wurden die dreidimensionalen Bilder in das kieferorthopädische Auswertungsprogramm „Onyx“ überführt.

### **3.6 Kondylenpositionsanalyse (CPA)**

Die bei der Kondylenpositionsanalyse (CPA) erhobenen Daten stellen den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit dar.

Wie bereits im Kapitel Anatomie beschrieben, sind die paarig angelegten Kiefergelenke keine einfachen Scharniergelenke, die beim Kauen und Sprechen auf und zu klappen. Das Gelenkköpfchen im Kiefergelenk ist im dreidimensionalen Raum frei beweglich. Eine Bewegung im einen Gelenk bedingt auch immer zwingend eine Bewegung im anderen Gelenk.

Der Kondylenpositionsanalyse liegt die Vorstellung eines dreidimensionalen Koordinatensystems zugrunde. Die vertikale „z-Achse“ steht für eine Bewegung des Kondylus nach oben in Richtung Fossa (Kompression) und nach unten, von der Fossa weg (De-kompression). Die „x-Achse“ steht für eine transversale Bewegung nach rechts und links. Die von anterior nach dorsal in der Horizontalen liegenden „y-Achse“ steht für eine Bewegung in sagittaler Richtung. Eine Bewegung stellt immer eine Kombinationsbewegung entlang aller 3 Achsen dar. So bewegt sich der Kondylus zum Beispiel nie nur einfach nach links oder rechts, sondern immer auch gleichzeitig nach vorne/hinten oder nach oben/unten – es ist immer eine dreidimensionale Bewegung.

Durch die Skalierung des Koordinatensystems in mm kann anhand der CPA eine Bewegung des Kondylus im jeweiligen Kiefergelenk anhand dieser Achsen metrisch beschrieben werden.

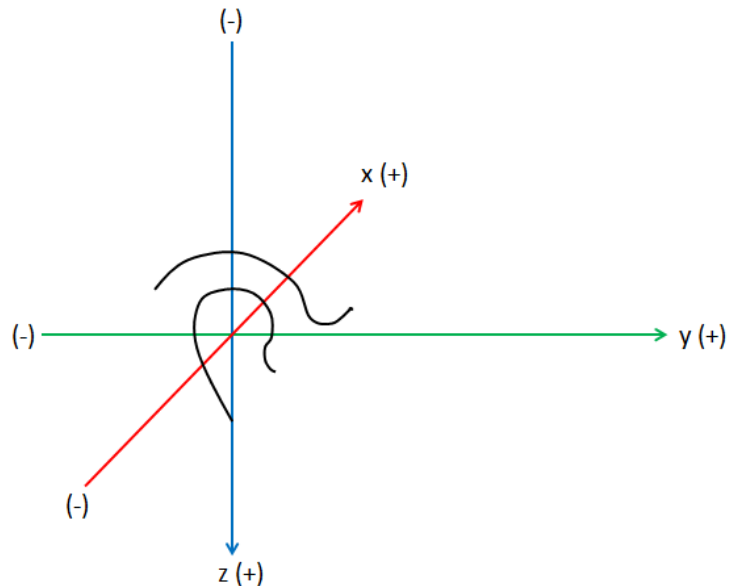


Abbildung 6: Dreidimensionales Koordinatensystem mit schematischem Kiefergelenk

Die Bewegung kann jedoch nur durch eine Positionsänderung in Relation zu einer definierten festgelegten Position dargestellt werden – der Kondylus bewegt sich also von einer Ausgangsposition in eine beliebige andere Position. Der Abstand der neuen Position vom Ausgangspunkt wird dann in den drei Achsen in mm angegeben. Die definierte Ausgangsposition bei der CPA ist immer die angenommene Zentrik und die veränderte Position ist die IKP.

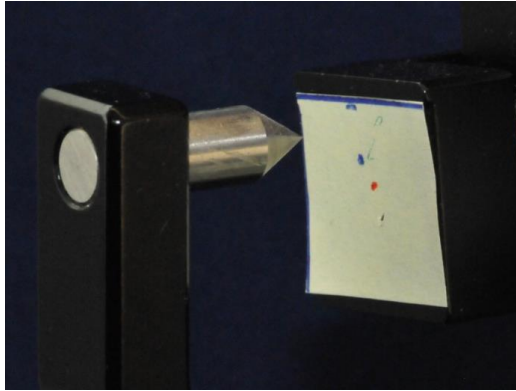
Die Kondylenpositionsanalyse (CPA) wird mithilfe eines Kondylen-Positionsmessinstrumentes (CPM), dem „Artex reference sl“ (der Firma GIRRbach) nach Prof. Dr. Rudolf Slavicek durchgeführt. Dafür werden zunächst die zuvor in den Artikulator artex sl (GIRRbach) auf Magnetplatten montierten Gipsmodelle von Ober- und Unterkiefer aus dem Artikulator entnommen. Die Magnetplatten passen sowohl in den Artikulator als auch in den Reference sl.



**Abbildung 7: Reference SL mit montierten Modellen in IKP, Blick auf rechtes Gelenk**

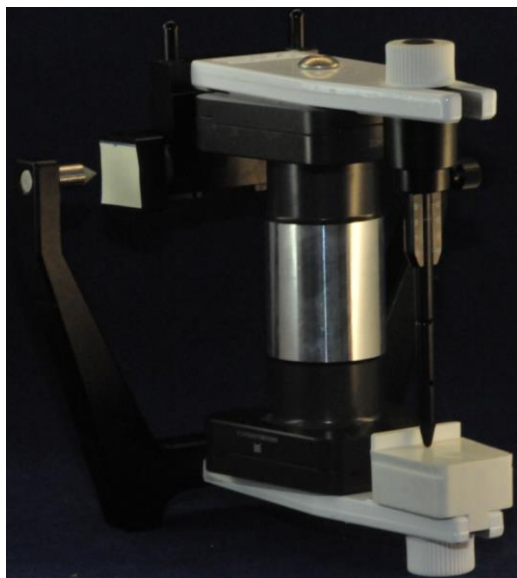
Der Reference SL besteht aus drei Teilen: Einem Unterteil, in welchem später das Unterkiefermodell befestigt wird, einem Oberteil mit Stützstift, an welchem das Oberkiefermodell befestigt wird und einem säulenähnlichen Block, welcher zur Simulation der Zentrik dient. Rechts und links am oberen, hinteren Ende des Unterteils sitzen zwei horizontal ausgerichtete spitz zulaufende Metallkegel, welche jeweils den rechten und linken Kondylus der Kiefergelenke darstellen und aufeinander zu zeigen. Die Spitze markiert den Mittelpunkt des Kiefergelenk-köpfchens. Setzt man das Oberteil des reference SL entsprechend auf das Unterteil, zeigen diese Spitzen auf zwei kleine orthogonal zu den Spitzen angebrachte Plattformen rechts und links, auf welchen beschreibbare Messblätter befestigt werden. Positioniert man nun eine farbige Okklusionsfolie zwischen Plattform/Messblatt und Kegelspitze und bewegt die Plattform seitlich so, dass die Spitze die Plattform berührt, wird auf das jeweilige Messblatt ein farbiger Punkt aufgebracht, welcher so die Position des Kondylus markiert.





**Abbildung 8: Messblatt rechtes Gelenk mit markierten Punkten**

Ober- und Unterteil des Reference SL sind nicht starr miteinander verbunden, die Lagebeziehung und somit auch die Position des Kondylen-Kegels in Beziehung zur beschreibbaren Plattform werden durch das magnetische Befestigen des Zentrikblocks bzw. der Ober- und Unterkiefermodelle und das Zusammensetzen der Zahnbögen bestimmt. Um die Verschiebung des Kondylus im Kiefergelenk von der Zentrik in die habituelle Okklusion anhand des Reference SL bildlich darzustellen und ausmessen zu können, wird der „Zentrik-Block“ zwischen Ober- und Unterteil gesetzt. Dieser dient zur Markierung der Ausgangsposition der Kondylen.



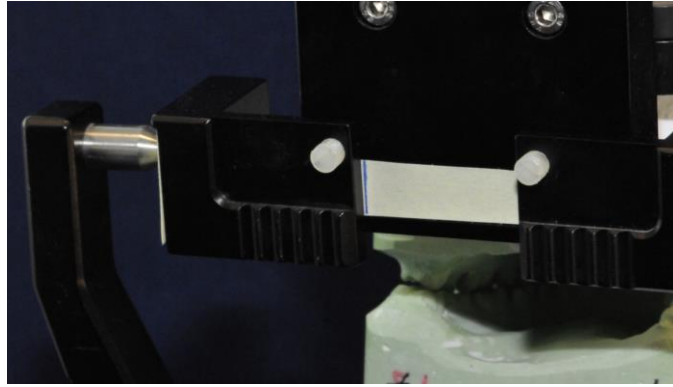
**Abbildung 9: Reference SL mit Zentrikblock**

Anhand von Erfahrungswerten ist dieser Block so ausgerichtet, dass die Metallkegel, welche die Kondylenmittelpunkte (oder wenn man sie horizontal durch eine Linie miteinander verbindet auch die horizontale Gelenkachse) darstellen, in der angenomme-

nen zentrischen Kondylenposition zum Liegen kommen. Diese zentrische Position der Kondylen wird nun markiert, indem eine rote Okklusionsfolie zwischen Metallspitze und Plattform samt Messblatt gehalten wird. Die Plattform wird auf die Spitze zubewegt und so zeichnet sich ein roter Punkt ab, welcher die Zentrik markiert, den Ausgangspunkt für die folgenden Messungen. Dies wird auf beiden Seiten durchgeführt. Anschließend wird der Zentrikblock entnommen und stattdessen das Ober- und Unterkiefermodell eingesetzt. Die beiden Modelle werden zueinander in der angenommenen habituellen Okklusionsbeziehung aufeinander gesetzt.

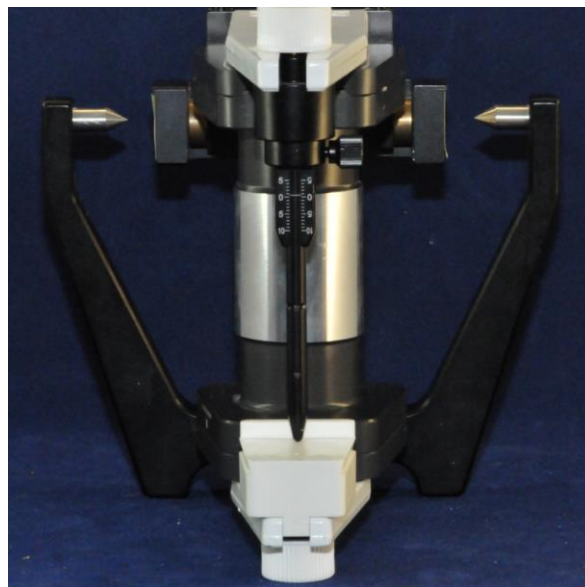
Die beiden Kondylenkegel rechts und links nehmen nun in der Regel eine andere Position ein als zuvor mit dem Zentrikblock. Die Kondylen werden so simuliert von der zentrischen Kondylenposition in die durch die habituelle Okklusion erzwungene Position versetzt. Um dies bildlich darzustellen und auszumessen, wird eine blaue Okklusionsfolie zwischen Kegel und Plattform mit Messblatt gehalten, erneut rechts und links die Plattform auf die Kegelspitzen zubewegt und dadurch ein blauer Punkt markiert. Auf jedem der beiden Messblätter hat sich ein roter Punkt abgezeichnet, der die zentrische Kondylenposition markiert und ein blauer Punkt, welcher die Kondylenposition in habitueller Okklusion (IKP) markiert.

Auf dieser Ebene kann bisher nur die Verschiebung des Kondylus in zwei Richtungen dargestellt werden, in der vertikalen z-Achse und in der sagittalen y-Achse. Da sich die Kondylen jedoch auch in der Transversalen nach rechts und links verschieben können, gibt es im hinteren Bereich des Reference SL einen weiteren Bereich, auf welchem zunächst die Position in Zentrik (mit dem Block) und anschließend in IKP (also mit den Modellen) markiert wird. Auf diesem von hinten befestigten Messblatt wird entlang des vertikalen Endes des linken beweglichen Plattformbereichs zunächst in Zentrik ein roter Strich mit einem dünnen Stift markiert und anschließend ein blauer in IKP. Der Abstand dieser beiden Striche gibt nun die Verschiebung des Unterkiefers und damit auch der Kondylen in der Transversalen (nach rechts und links, auf der „x-Achse“) wieder.



**Abbildung 10: Blick von dorsal auf den Reference SL mit Messblatt für transversale Verschiebung**

Eine zusätzliche vertikale Dimension gibt der Stützstift wieder, welcher im vorderen Teil des Reference SL an dem Oberteil befestigt wird und in seiner Länge verstellbar ist. Die Referenz des Stiftes liegt beim Wert „0“. Je nachdem wie die Bisshöhe beim Zusammensetzen von Ober- und Unterkiefermodell nun wirklich ist, muss der Stützstift länger oder kürzer eingestellt werden, damit er mit seiner Spitze am Unterteil aufsitzt. Dieser verstellte Wert wird als Änderung der Bisshöhe von der Zentrik in die IKP gedeutet.




**Abbildung 11: Reference SL Ansicht von anterior, Stützstift**

### 3.7 Parameter der CPA

Die auf den drei Messblättern des Reference SL dokumentierte Kondylenposition in Zentrik und IKP dient der Ausmessung der relativen Positionsänderung von der zentrischen in die habituelle Kondylenposition.

Der rote Punkt markiert die Kondylenposition in Zentrik, der blaue Punkt markiert die Kondylenposition in IKP. Die Messblätter werden anschließend auf einen Auswertungsbogen geklebt. Mithilfe eines in Millimetern skalierten Blattes wird die Entfernung des roten vom blauen Punkt in sagittaler, vertikaler und transversaler Richtung ausgemessen. Die Maßeinheit der Parameter bei der CPA ist somit Millimeter. Die dreidimensionale Bewegungsrichtung wird durch die Vorzeichen „+“ und „-“ dargestellt, Bezug nehmend auf das beschriebene dreidimensionale Koordinatensystem. Bei der Kondylenpositionsanalyse werden 6 Parameter erhoben.



**Zentrum der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (Carolinum)  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main**

**Kondylenpositionsanalyse (CPA)**




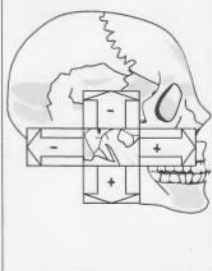


Patient:	geboren:	Untersucher:			
	Pat. Nr.: 614052 ①	Datum:			
Registrieretiketten	rechts	links			
					
					
Bewertung:					
Kiefergelenk rechts		Transversale		Kiefergelenk links	
sagittal	horizontal	lateral	vertikal	sagittal	horizontal
-2.5	-6.5	NR 0.25	-1	-3.5	-5.25
Epikrise: Rs	Rh	Tl	Tv	Ls	Lh

Abbildung 12: beschrifteter CPA-Auswertungsbogen aus der Poliklinik für Kieferorthopädie des ZZMK Carolinum, Frankfurt am Main

**Rs:** Dieser Parameter („Kiefergelenk rechts sagittal“) beschreibt die Verlagerung des Kondylus in sagittaler Richtung im rechten Kiefergelenk. Eine Zurückbewegung wird mit negativem Vorzeichen „-“ versehen, eine Vorbewegung mit „+“.

**Ls:** Dieser Parameter („Kiefergelenk links sagittal“) beschreibt analog zu Rs die Verlagerung des Kondylus in sagittaler Richtung im linken Kiefergelenk.

**Rh:** Dieser Parameter („Kiefergelenk rechts horizontal“) bezeichnet eine vertikale Verlagerung des Kondylus im rechten Kiefergelenk. Eine Bewegung nach oben, in Richtung Fossa bedeutet eine Kompression des Kiefergelenkes und erhält das negative Vorzeichen „-“. Ein Fortbewegen des Kondylus von seiner Gelenkfläche bedeutet eine Distraction oder Dekompression und erhält als Vorzeichen „+“.

**Lh:** Dieser Parameter („Kiefergelenk links horizontal“) beschreibt dieselbe Bewegung wie Rh, bezogen auf das linke Kiefergelenk.

**Tl:** Dieser Parameter („Transversale lateral“) steht für eine Bewegung des Unterkiefers und der Kondylen in transversaler Richtung nach rechts („-“) und links („+“). Ausgemessen wird der Wert dieses Parameters auf dem von hinten am Reference SL befestigten Messblatt.

**Tv:** Durch diesen Parameter („Transversale vertikal“) wird eine Bisserrhöhung („+“) oder Bissenkung („-“) beschrieben. Findet von der zentrischen in die habituelle Interkuspidation eine Erhöhung des Bisses statt, wird der Stützstift des Reference SL höher eingestellt. Umgekehrt wird er bei einer Bissenkung in seiner Höhe abgesenkt.

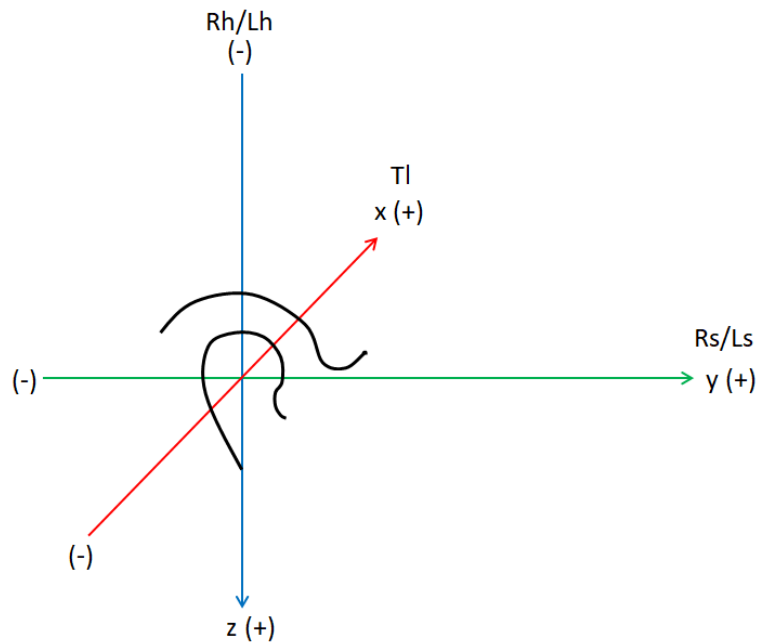


Abbildung 13: Dreidimensionales Koordinatensystem mit Parametern der CPA

### 3.8 Statistische Auswertungsverfahren

Die erhobenen Messwerte wurden zunächst in Tabellenform (Microsoft Excel) zusammengefasst und anschließend der Statistik-Software BiAs 11.0 (epsilon-Verlag Darmstadt, Deutschland) zugeführt. Die Probandenkohorte wurde in drei Gruppen eingeteilt. Die Streicher bildeten Gruppe 1. Die Bezeichnung „Streicher“ umfasste die sogenannten „hohen Streicher“, also Geiger und Bratscher. Die Bläser bildeten Gruppe 2. Unter dem Begriff „Bläser“ wurden in diesem Fall alle Orchestermusiker zusammengefasst, welche keine hohen Streicher waren. Gruppe 3 stellt die Kontrollgruppe dar, also die Nicht-Musiker. Für alle statistischen Tests wurde ein Signifikanzniveau von  $p \leq 0,05$  festgelegt.

Zur anschaulichen Darstellung und für eine erste Übersicht (deskriptive Statistik) wurden zunächst Schätzgrößen erstellt. Die Schätzgrößen beschreiben die statistische Verteilung der erhobenen Werte. Für jede der drei Gruppen wurden nacheinander für jeden einzelnen Parameter Schätzwerte errechnet. Fokus sollte hierbei auf dem Mittelwert und der Standardabweichung liegen. Zur Veranschaulichung wurden Box-Plots erstellt.

Mithilfe des Kolmogoroff-Smirnoff-L.-Tests wurden die einzelnen Parameter in jeder Gruppe auf Gauß-Verteilung getestet. Dieser Test war notwendig, um anschließend die korrekten Testverfahren auszuwählen, welche sich bei parametrischen („normal verteilten“) und nicht parametrischen („nicht normal verteilten“) Werten unterscheiden.

Zum Inter-Gruppen-Vergleich wurden die Einweg-Varianzanalyse (ANOVA) für die normal verteilten Parameter Rs, Tv und Lh und der Kruskal-Vallis-Test für die nicht normal verteilten Parameter Rh, Tl und Ls durchgeführt. Bei diesen Tests wurde zunächst jeder einzelne Parameter zwischen allen drei Gruppen auf Signifikanz getestet. Für die normal verteilten Parameter wird die Varianzanalyse und für die nicht normal verteilten Parameter der Globaltest angewendet. Bei signifikantem p-Wert ( $p \leq 0,05$ ), welcher auf einen unterschiedlichen Wert des jeweiligen Parameters im Vergleich aller drei Gruppen hinweist, wurden anschließend multiple Vergleiche durchgeführt, um festzustellen zwischen welchen Zwei Gruppen jeweils der Unterschied besteht. Bei den normal verteilten Parametern kamen hier die Multiplen Vergleiche nach Scheffé, bei den nicht normal verteilten Parametern die Multiplen Conover-Iman-Vergleiche (Bonferroni-Holm-korrigiert) zum Einsatz.

Weiterhin wurde mithilfe des Wilcoxon-Matched-Pair-Tests ein Rechts-Links-Vergleich innerhalb jeder einzelnen Gruppe für die Parameter Rs/Ls sowie Rh/Lh durchgeführt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Auswertung der Fragebögen

Im Rahmen der Voruntersuchung wurden die Probanden unter anderem zu ihren Spielgewohnheiten, Beschwerden im Bereich der einzelnen Körperregionen, stattgefundenen Behandlungen und der psychischen Belastung befragt. Das Probandenkollektiv bestand aus 32 Musikern der hr-Sinfonieorchesters, 13 Frauen und 19 Männern, mit einem durchschnittlichen Alter von 41,8 Jahren. Davon zählten 15 Musiker zur Gruppe der Streicher, also Gruppe 1. 7 Streicher waren Viola-Spieler, 8 Streicher waren Geiger. 17 Musiker gehörten zu Gruppe 2, den Bläsern.

Im Durchschnitt spielten die Musiker seit 32,6 Jahren ihr Instrument. Durchschnittlich wurde eine Spieldauer von 4,2 Stunden pro Tag an 6 Tagen in der Woche angegeben.

9 Musiker klagten über regelmäßig auftretende Taubheitsgefühle und Zittern im Bereich der Gliedmaße. 13 Musiker berichteten von regelmäßig auftretenden Kopfschmerzen.

11 Probanden konnten von einem Hörsturz oder einem bestehenden Tinnitus berichten.

Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule zeigten sich bei 20 Musikern, Beschwerden im Bereich der Brustwirbelsäule bei 8 und im Bereich der Lendenwirbelsäule bei 22 Probanden.

Im Bereich der Schultern gab es Beschwerden bei 11 der Probanden.

20 der befragten Musiker sind oder waren aufgrund der genannten Beschwerden in Therapie.

19 Probanden gaben an, mit den Zähnen zu knirschen, 13 davon besaßen eine Schiene zum Schutz der Zähne.

9 Probanden berichteten von Schmerzen beim Kauen.

17 Probanden konnten von einer durchgeführten kieferorthopädischen Therapie berichten.

Zuletzt sollte eingeschätzt werden, wie stark sich die Musiker durch ihre Tätigkeit als Berufsmusiker psychisch belastet fühlen. Es sollte eine Zahl auf der Skala 0 (gar nicht)



bis 10 (sehr stark) angegeben werden. Im Durchschnitt lag dieser Index für eine gefühlte psychische Belastung bei 4,6.

## **4.2 Myogene Befunde**

Im Rahmen der manuellen Funktionsanalyse wurden die am Kauvorgang beteiligten Muskeln palpiert. Die Probanden sollten anhand einer Skala von 0 (gar nicht) bis 10 (sehr stark) angeben, wie stark der auftretende Schmerz bei der Palpation empfunden wird.

Zunächst wurden die hauptsächlichen Kaumuskeln M. temporalis (Pars anterior und Pars posterior), M. masseter (Pars superficialis und profunda) und M. pterygoideus lateralis und medialis palpiert. Als suprahyoidale Muskulatur wurden anschließend der M. mylohyoideus und M. digastricus abgetastet. Zuletzt erfolgte eine Palpation der infrahyoidalen Muskulatur.

Auffällige myogene Befunde konnten bei über der Hälfte, nämlich bei 18 der 32 Probanden, festgestellt werden.

10 davon gehörten zu Gruppe 1, den Streichern, und 8 davon zu Gruppe 2, den Bläsern.

Wurde ein positiver Befund verzeichnet, konnte dieser meist jeweils rechts und links gleichermaßen festgestellt werden. Bei vier Probanden lag der positive Palpationsbefund ausschließlich auf der rechten Seite.

Die beim Palpieren verspürten Schmerzen wurden in einer Stärke im Bereich zwischen 1 und 8 dokumentiert.

Die durchschnittliche Intensität des angegebenen Schmerzes lag bei 3,21.

Bei 17 der 18 Probanden mit positiven myogenen Befunden wurden die angegebenen Beschwerden im Bereich des M. masseter dokumentiert. Nur bei einem Probanden lagen die Beschwerden ausschließlich im Bereich des M. mylohyoideus und digastricus.

In 6 Fällen wurden zusätzlich zum M. masseter Beschwerden beim Palpieren anderer Muskeln festgestellt: zweimal im Bereich des M. pterygoideus med., einmal im Bereich

des M. pterygoideus lat., zweimal im Verlauf des M. temporalis, einmal beim M. mylohyoideus und dreimal beim M. digastricus.

Im Bereich der infrahyoidalen Muskulatur wurden keine positiven Befunde verzeichnet.

### **4.3 Statistische Ergebnisse**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der statistischen Auswertung erläutert. Bei der CPA wurden für jeden einzelnen Probanden jeweils 6 Parameter erhoben. Die Probanden wurden wie zuvor beschrieben in drei Gruppen eingeteilt.

Um bereits einen ersten Überblick zu erlangen, wurden aus den Werten der jeweiligen Parameter innerhalb jeder Gruppe ein Mittelwert (MW) und die dazugehörige Standardabweichung (SD) ermittelt. Der Mittelwert stellt den durchschnittlichen Wert des jeweiligen Parameters aller Probanden einer Gruppe dar. Diese Zusammenfassung zu einem einzigen Wert pro Gruppe und Parameter ermöglicht einen einfachen, beschreibenden Vergleich zwischen den drei Gruppen. Um dies zudem graphisch zu veranschaulichen, wurden entsprechende Box-Plots erstellt. Für jeden der 6 Parameter wird anhand einer Tabelle, welche jeweils Mittelwert und Standardabweichung des jeweiligen Parameters für alle 3 Gruppen enthält, das Ergebnis erläutert und erste Schlussfolgerungen gezogen. Anschließend werden diese Schlussfolgerungen durch die im Inter-Gruppen-Vergleich statistisch errechneten p-Werte auf Signifikanz überprüft. Zuletzt erfolgt eine Beschreibung der Ergebnisse des Rechts-Links-Vergleiches innerhalb jeder einzelnen Gruppe, welche Aussagen über eine eventuell vorhandene Asymmetrie geben soll.

#### **4.3.1 Parameter „Rechts sagittal“ (Rs)**

Dieser Parameter steht für eine Verschiebung von zentrischer in habituelle Position im rechten Kiefergelenk in sagittaler Richtung. Eine Dorsalbewegung wird durch das Vorzeichen „-“ gekennzeichnet, eine Bewegung in ventrale Richtung mit „+“.

## Mittelwert und Standardabweichung

**Tabelle 1: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Rs („Kiefergelenk rechts sagittal“)**

Rs	1	2	3
MW	-3,58	-2,37	0,07
SD	1,88	1,72	1,15

Bei Gruppe 1, den Streichern, stellte sich eine Kondylenpositionsänderung von Zentrik in IKP nach dorsal um durchschnittlich 3,58 mm dar. Bei Gruppe 2, den Bläsern, war ebenfalls eine eindeutige Dorsalverschiebung zu verzeichnen, hier um durchschnittlich 2,37 mm. Bei Gruppe 3, den Nicht-Musikern, erfolgte hingegen eine Verlagerung in ventraler Richtung, nämlich um durchschnittlich 0,07 mm.

Diese Werte lassen bereits eine erste Tendenz erkennen. Die beiden Gruppen der Musiker weisen jeweils eine Dorsalverschiebung im ähnlichen Umfang auf. Auch die dokumentierten Mittelwerte der Standardabweichungen gleichen sich stark. Dies könnte bedeuten, dass sowohl das intensive Spielen eines Streichinstrumentes sowie eines Blasinstrumentes die Kondylenposition auf ähnliche Weise beeinflusst. Die Werte der Standardabweichungen, der mittleren Abweichungen der Werte vom Durchschnittswert, deuten darauf hin, dass sich auch die interindividuellen Unterschiede in den Gruppen 1 und 2 stark ähneln.

Betrachtet man den Mittelwert der Kontrollgruppe im Vergleich zu den Werten der Musiker, liegt die Vermutung nahe, dass sich zwar Streicher und Bläser nicht merklich voneinander unterscheiden, dafür aber die gesamte Kohorte der Musiker von der Gruppe der Nicht-Musiker. Bei den Nicht-Musikern war im Durchschnitt keine nennenswerte Verlagerung der Kondylen nach dorsal oder ventral festzustellen gewesen.

## Box-Plots Mittelwert und Standardabweichung

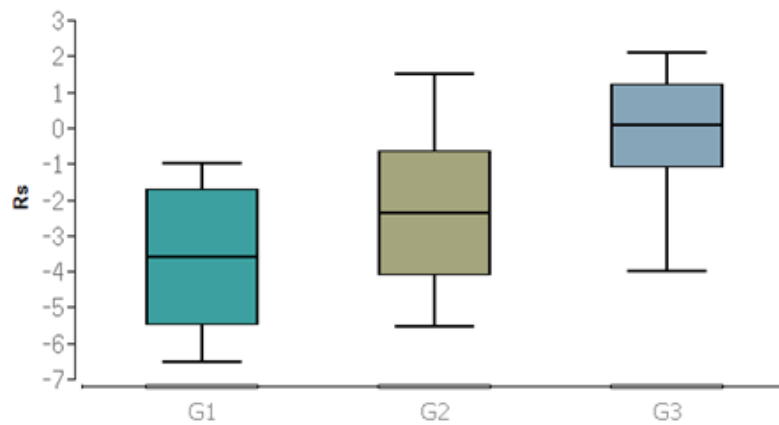


Abbildung 14: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter Rs

Die graphische Darstellung von Mittelwerten und Standardabweichungen für den Parameter Rs verdeutlicht die geschilderten Schlussfolgerungen anschaulich. Die Box-Plots von Gruppe 1 (G1) und Gruppe 2 (G2) weisen schon optisch starke Parallelen auf. Beide Boxen liegen im negativen Bereich, der horizontale Strich in der Mitte der Boxen markiert den Mittelwert auf der Skala. Die vertikale Dimension der Boxen stellt den Bereich der Standardabweichungen dar, die oberen und unteren „Antennen“ stehen für den größten und den kleinsten vorkommenden Wert. Die Box von Gruppe 3 (G3) liegt viel höher und weist eine kleinere vertikale Dimension auf.

Dies weist darauf hin, dass der interindividuelle Unterschied bei den Nicht-Musikern bezogen auf den Parameter Rs nicht so groß war wie bei den beiden Gruppen der Musiker.

## p-Werte

Tabelle 2: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Rs

	p 1/2/3	p 1/2	p 1/3	p 2/3
Rs	0,00	0,07	0,00	0,00

p 1/2/3 = Vergleich aller drei Gruppen miteinander

p 1/2 = Vergleich der Gruppen 1 und 2

p 1/3 = Vergleich Gruppen 1 und 3

p 2/3 = Vergleich Gruppen 2 und 3

Die Betrachtung der Tabelle der p-Werte stellt ein ähnliches Bild dar. Der Wert 0,00 signalisiert signifikante Unterschiede im Vergleich aller drei Gruppen miteinander (p 1/2/3), außerdem im Vergleich der Gruppe 1 mit Gruppe 2 sowie Gruppe 2 mit 3. Die Veränderung der Kondylenposition in IKP in Relation zur Zentrik stellte sich demnach bei der gesamten Kohorte der Musiker signifikant anders dar als bei der Gruppe der Nicht-Musiker. Der Wert p-Wert 0,07 im Vergleich der Gruppen 1 und 2 bestärkt die Beobachtung, dass die Kondylenpositionsänderung von Zentrik zu IKP bei Streichern und Bläsern sich im rechten Kiefergelenk in sagittaler Dimension nicht signifikant voneinander unterschied.

#### 4.3.2 Parameter „Links sagittal“ (Ls)

Im Anschluss an die Analyse der Sagittalverschiebung im rechten Kiefergelenk werden im Folgenden die Ergebnisse derselben Bewegung im linken Kiefergelenk beschrieben.

##### Mittelwert und Standardabweichung

Tabelle 3: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Ls („Kiefergelenk links sagittal“)

Ls	1	2	3
MW	-3,27	-1,84	-0,23
SD	2,27	2,45	1,61

Wie bereits bei Parameter Rs beobachtet wurde, wiesen auch hier die Mittelwerte und Standardabweichungen der beiden Musikergruppen Parallelen auf, wenn auch weniger ausgeprägt. Ebenso wie rechts fand auch hier eine Verlagerung des linken Kondylus in dorsale Richtung statt. Diese schien jedoch bei den Streichern weitaus stärker ausgeprägt, nämlich 3,27 mm. Bei den Bläsern war es nur 1,84 mm.

Die Standardabweichung für den Parameter Ls wies sowohl für Gruppe 1 als auch für Gruppe 2 einen relativ hohen Wert auf. Dies lässt auf eine recht hohe Streuung der Werte und somit ausgeprägte interindividuelle Unterschiede innerhalb der jeweiligen Gruppe schließen.

Bei den Streichern schien die Dorsalverschiebung sowohl rechts als auch links stärker ausgeprägt zu sein als bei den Bläsern.

Betrachtet man die Werte für Ls von Gruppe 3, fällt auf, dass auch bei den Nicht-Musikern eine durchschnittliche Kondylenverlagerung in IKP nach dorsal festzustellen war, wenn auch nur um 0,23 mm. Vergleicht man diesen Wert mit Rs, bei welchem eine ganz leichte Verschiebung nach ventral stattfand, kann man die Behauptung aufstellen, dass bei den Nicht-Musikern gar keine nennenswerte Verschiebung von Zentrik in IKP zu verzeichnen war, weder rechts noch links, weder nach ventral oder dorsal – ganz im Gegensatz zu den Musikern.

#### Box-Plots Mittelwert und Standardabweichung

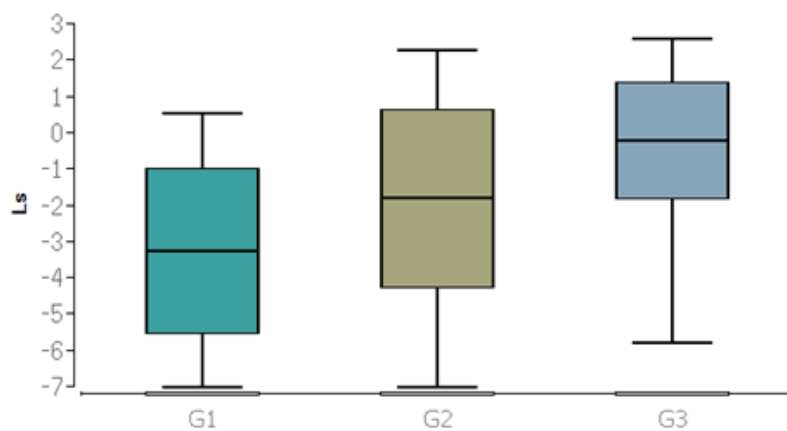


Abbildung 15: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter Ls

Bei der graphischen Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen fällt auch hier auf, dass die Box der Kontrollgruppe (G3) wesentlich kleiner in ihrer vertikalen Dimension ist als die Boxen der Musikergruppen. Dies lässt auf eine weniger große interindividuelle Variabilität der Werte in der Kontrollgruppe schließen. Der Mittelwert der Gruppe 1 unterscheidet sich sichtlich stark von dem Mittelwert der Kontrollgruppe. Bei den Bläsern fiel die Dorsalverlagerung der Kondylen im Vergleich zu den Streichern etwas geringer aus. Dies wird bildlich durch die zwischen den beiden anderen Boxen liegende Box der Gruppe 2 dargestellt wird.

Beide Boxen der Musikergruppen befinden sich eindeutig im negativen Bereich, was die gemeinsame Tendenz untermauert. Die Box der Kontrollgruppe liegt hingegen nahe dem „neutralen“ Null-Bereich.

## p-Werte

**Tabelle 4: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Ls**

	p 1/2/3	p 1/2	p 1/3	p 2/3
Ls	0,00	0,12	0,00	0,01

p 1/2/3 = Vergleich aller drei Gruppen miteinander

p 1/2 = Vergleich der Gruppen 1 und 2

p 1/3 = Vergleich Gruppen 1 und 3

p 2/3 = Vergleich Gruppen 2 und 3

Auch hier stellt sich die Situation wie im rechten Kiefergelenk dar: Zwischen den Gruppen der Musiker, 1 und 2, ergab sich kein signifikanter Unterschied. Signifikante Unterschiede konnten jedoch zwischen allen drei Gruppen, den Streichern und der Kontrollgruppe sowie den Bläsern und den Nicht-Musikern festgestellt werden. Die p-Werte sagen aus, dass der Unterschied zwischen den Bläsern und Nicht-Musikern nur knapp Signifikanzniveau erreichte. Auch zeigten sich die Unterschiede zwischen den Streichern und der Kontrollgruppe, genau wie bei Rs, nicht hoch signifikant, aber doch eindeutig.

### **4.3.3 Parameter „Rechts horizontal“ (Rh)**

Dieser Parameter beschreibt eine Verschiebung des Kondylus im rechten Kiefergelenk nach kranial in Richtung Fossa (Kompression) und nach kaudal von der Gelenkfläche weg (Dekompression). Eine Kompression wird durch ein negatives Vorzeichen, eine Dekompression durch ein positives Vorzeichen gekennzeichnet.

## Mittelwert und Standardabweichung

**Tabelle 5: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Rh („Kiefergelenk rechts horizontal“)**

Rh	1	2	3
MW	-2,95	-2,46	0,16
SD	1,96	1,46	0,97

Die in dieser Tabelle dargestellten Werte beschreiben folgendes Geschehen: Bei Gruppe 1, den Streichern, erfolgte eine ausgeprägte Kompression im rechten Kiefergelenk beim Übergang von der idealen zentrischen in die Kondylenposition bei maximaler Interkuspitation der Zähne. Der Kondylus wurde dabei um fast 3 mm nach kranial gepresst. Sämtliches Gewebe, die sich im Gelenkspalt befinden, wie z.B. der Discus articularis, erfahren dabei eine Kompression. Auch bei Gruppe 2, den Bläsern ließ sich eine ähnliche Beobachtung machen. Hier fand eine nur wenig geringere Kompression um 2,46 mm statt.

Wieder einmal fällt auf, dass der Mittelwert in der Spalte der Gruppe 3, den Nicht-Musikern, deutlich von beiden Gruppen von Musikern abweicht. In der Kontrollgruppe fand eine geringe Dekompression von 0,16 mm statt. Das Gewebe im Gelenk wird bei diesem Vorgang minimal gedehnt bzw. entlastet. Die Werte der Standardabweichungen weisen darauf hin, dass die interindividuellen Unterschiede innerhalb der beiden Musikergruppen ähnlich ausgeprägt waren und zudem stärker als in der Gruppe der Nicht-Musiker.

#### Box-Plots Mittelwert und Standardabweichung

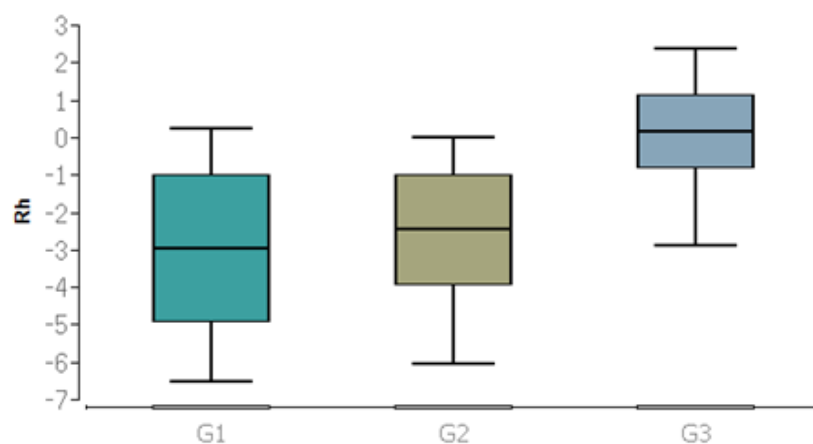


Abbildung 16: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter Rh

Die Box-Plots illustrieren die geschilderte Interpretation der Mittelwerte und Standardabweichungen des Parameters Rh. Die Mittellinien der Boxen in den Gruppen 1 und 2, welche den Mittelwert markieren, liegen nahezu auf einer Höhe, wohingegen die Box der Gruppe 3 sichtbar höher angeordnet ist. Der Unterschied zwischen den



beiden Gruppen der Musiker zu der 3. Gruppe der Nicht-Musiker wird dabei eindeutig sichtbar.

### p-Werte

**Tabelle 6: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Rh**

	p 1/2/3	p 1/2	p 1/3	p 2/3
Rh	0,00	0,77	0,00	0,00

p 1/2/3 = Vergleich aller drei Gruppen miteinander

p 1/2 = Vergleich der Gruppen 1 und 2

p 1/3 = Vergleich Gruppen 1 und 3

p 2/3 = Vergleich Gruppen 2 und 3

Die Tabelle der p-Werte zeigt folgendes Bild: Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen den Werten aller drei Gruppen. Die Unterschiede waren hierbei zwischen den Gruppen 1 und 3 sowie zwischen den Gruppen 2 und 3 zu erkennen. Der positive p-Wert 0,77 beim Vergleich der beiden Musikergruppen 1 und 2 bestätigt die Deutung der Mittelwerte.

Die Auswirkungen hinsichtlich Kompression und Dekompression waren bei allen Musikern ähnlich. Die Auswirkungen unterschieden sich von denen, die bei den Nicht-Musikern zu verzeichnen sind.

#### **4.3.4 Parameter „Links horizontal“ (Lh)**

Dieser Parameter steht für eine vertikale Bewegung des Kondylus im linken Kiefergelenk. Das Vorzeichen „+“ markiert eine Dekompression, das Vorzeichen „-“ steht für eine Kompression.

## Mittelwert und Standardabweichung

Tabelle 7: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Lh („Kiefergelenk links horizontal“)

Lh	1	2	3
MW	-3,25	-2,34	0,05
SD	2,85	1,62	1,05

Wie bei Parameter Rh, welcher für denselben Ablauf im rechten Kiefergelenk steht, ist auch hier bei Betrachtung der Mittelwerte eine eindeutige Tendenz zu erkennen: Bei beiden Musiker-Gruppen fand im Verlauf von Zentrik in IKP eine ausgeprägte Kompression statt, während bei den Nicht-Musikern eine sehr geringe Dekompression beobachtet werden konnte. Im linken Kiefergelenk der Streicher wurde das Gewebe im Gelenk sogar um 3,25 mm komprimiert, noch stärker also als im rechten Kiefergelenk. Bei den Bläsern war die Kompression um durchschnittlich 2,34 mm zwar auch ausgeprägt, jedoch im ähnlichen Bereich wie im rechten Kiefergelenk. Bemerkenswert ist außerdem, dass sich die Standardabweichung bei Gruppe 1 recht hoch darstellte. Das deutet darauf hin, dass die interindividuellen Unterschiede bei den untersuchten Streichern ausgeprägter waren.

## Box-Plots Mittelwert und Standardabweichung

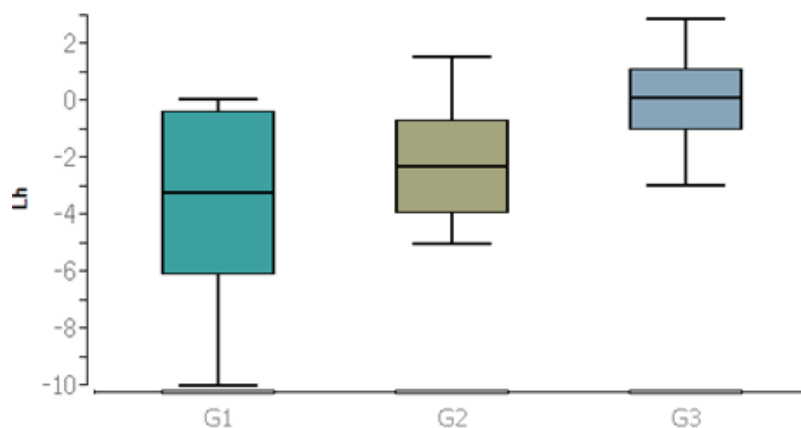


Abbildung 17: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter Lh

Diese ausgeprägte Standardabweichung bei Gruppe 1 kann auch anhand der abgebildeten Box-Plots festgestellt werden. Der minimale Wert liegt weit im negativen Be-

reich. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass bei einigen wenigen Streichern die Kompression viel stärker ausgeprägt war, als es der Mittelwert darstellte. Der maximale Wert lag jedoch im Bereich der „0“. Dies weist darauf hin, dass bei keinem der Streicher eine Dekompression erfolgte. Das linke Kiefergelenk wurde in jedem Fall komprimiert, wenn auch in sehr unterschiedlich starker Ausprägung.

Die Box der Gruppe 2 stellt in ihrer geringen vertikalen Ausdehnung eine wesentlich geringere Standardabweichung vom Mittelwert dar. Die Kompression erreichte offenbar keinen so stark negativen Wert wie bei Gruppe eins. Im Gegenteil: bei den Bläsern scheint es sogar einige leichte Fälle von Dekompression gegeben zu haben.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Die mittlere Kompression im linken Kiefergelenk war bei den Streichern stärker ausgeprägt als bei den Bläsern. Beide Musikergruppen unterschieden sich jedoch eindeutig von der Gruppe der Nicht-Musiker. Bei diesen ist die Box in ihrer vertikalen Ausrichtung recht klein, die beiden Antennen, die den Maximal- und den Minimal-Wert darstellen sind nahezu gleich lang. Dies alles lässt vermuten, dass bei den gesunden Nicht-Musikern zwar auch Fälle von Kompression und auch Dekompression vorzufinden waren. Die interindividuellen Unterschiede fielen jedoch relativ gering aus. Es zeigt sich also ein Bild, welches bei Nicht-Musikern durchschnittlich eine kaum abweichende Kondylenposition in Zentrik und IKP darstellt.

### p-Werte

**Tabelle 8: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Lh**

	p 1/2/3	p 1/2	p 1/3	p 2/3
Lh	0,00	0,30	0,00	0,00

p 1/2/3 = Vergleich aller drei Gruppen miteinander

p 1/2 = Vergleich der Gruppen 1 und 2

p 1/3 = Vergleich Gruppen 1 und 3

p 2/3 = Vergleich Gruppen 2 und 3

Auch hier bestätigen die p-Werte die bei Betrachtung von Mittelwert und Standardabweichung gezogenen Schlussfolgerungen. Beide Gruppen von Musikern unterschieden sich von der Gruppe der Nicht-Musiker, zwischen den Gruppen 1 und 2 be-

stand hingegen kein signifikanter Unterschied. Der Unterschied im linken Kiefergelenk war ausgeprägter als im rechten.

#### 4.3.5 Parameter „Transversale lateral“ (TI)

Dieser Parameter steht für eine Bewegung des Unterkiefers und der Kondylen in transversaler Richtung nach rechts („-“) und links („+“).

#### Mittelwert und Standardabweichung

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter TI („Transversale lateral“)

TI	1	2	3
MW	-0,55	0,22	-0,33
SD	1,14	1,18	1,04

Die Mittelwerte stellen folgendes dar: beim Übergang von Zentrik in IKP fand bei den Streichern eine transversale Verschiebung um 0,55 mm nach rechts statt, bei den Bläsern durchschnittlich um 0,22 mm nach links und bei den Nicht-Musikern wiederum um 0,33 mm nach rechts. In der Transversalen fand demnach in keiner der drei Gruppen eine nennenswerte Veränderung statt. Auch der Wert der Standardabweichung lag bei allen drei Gruppen um den Wert „1“.

#### Box-Plots Mittelwert und Standardabweichung

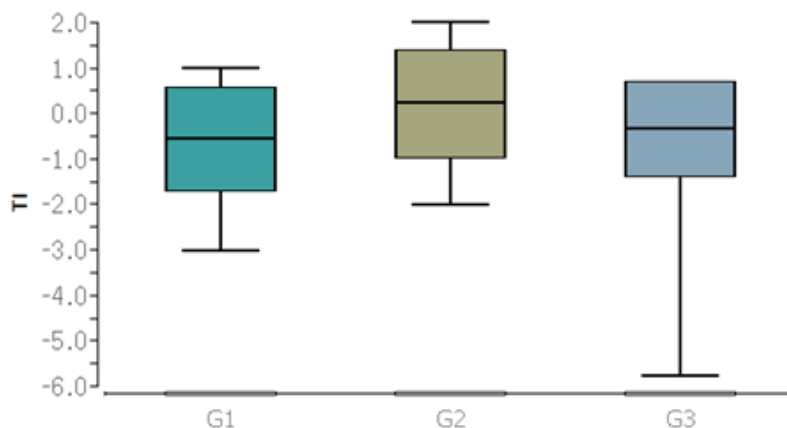


Abbildung 18: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter TI

Die Ähnlichkeit der Werte stellt sich auch in den Box-Plots dar. Alle drei haben eine ähnliche vertikale Ausdehnung und liegen nahezu auf gleicher Höhe. Auffällig ist alleine die „Antenne“ von Box 3, welche den Minimalwert bei der Gruppe der Nicht-Musiker darstellt. Bei einer kleinen Zahl von Nicht-Musikern scheint es eine ausgeprägte Rechts-Translation gegeben zu haben.

### p-Werte

**Tabelle 10: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter TI**

	p 1/2/3	p 1/2	p 1/3	p 2/3
TI	0,16	0,23	0,59	0,23

p 1/2/3 = Vergleich aller drei Gruppen miteinander

p 1/2 = Vergleich der Gruppen 1 und 2

p 1/3 = Vergleich Gruppen 1 und 3

p 2/3 = Vergleich Gruppen 2 und 3

Die p-Werte signalisieren ebenfalls, dass für den Parameter TI keine signifikanten Unterschiede zwischen allen 3 Gruppen zu verzeichnen gab.

### **4.3.6 Parameter „Transversale vertikal“ (Tv)**

Dieser Parameter beschreibt eine Bisserrhöhung („+“) oder Bissenkung („-“).

### Mittelwert und Standardabweichung

**Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Tv („Transversale vertikal“)**

Tv	1	2	3
MW	-2,2	-3,47	-0,42
SD	4,19	1,95	2,02

Die negativen Mittelwerte in allen drei Gruppen legen nahe, dass sowohl bei Streichern, Bläsern als auch bei Nicht-Musikern eine Bissenkung stattfand, wenn eine Positionsänderung von idealer zentrischer in gewohnheitsmäßig eingenommene habitu-

elle Position erfolgte. Bei den Streichern erfolgte eine durchschnittliche Bissenkung um 2,2 mm, bei den Bläsern um ausgeprägte 3,47 mm. Bei den Nicht-Musikern war die Bissenkung mit 0,42 mm hingegen nur sehr gering. In der Gruppe der Streicher zeigte sich eine auffällig hohe Standardabweichung, das bedeutet, dass die Werte innerhalb der Gruppe 1 sehr stark gestreut waren.

### Box-Plots Mittelwert und Standardabweichung

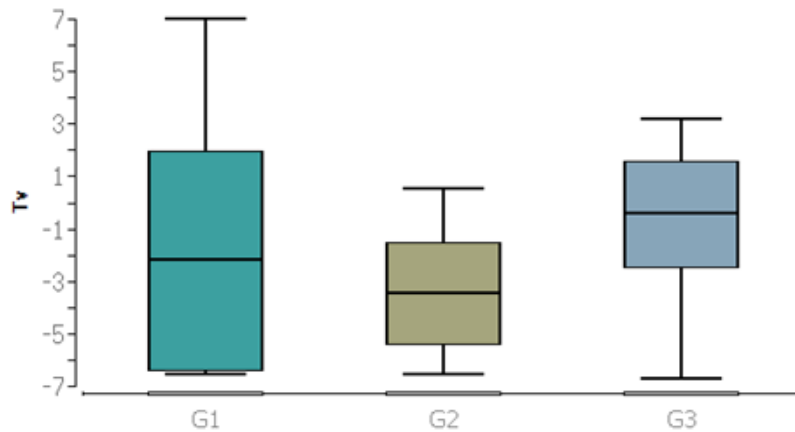


Abbildung 19: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter Tv

Die starke Streuung der Werte in Gruppe 1 zeigt sich einerseits durch die große vertikale Ausdehnung der Box, andererseits durch den weit vom Mittelwert entfernten Maximalwert. Das bedeutet, im Mittel fand zwar eine Bissenkung statt, es gab aber auch Streicher, bei denen das Gegenteil, nämlich eine Bisserrhöhung erfolgte. Jedoch erscheint eine Bisserrhöhung um 7 mm sehr unwahrscheinlich, sodass es sich bei diesem Wert auch um einen einzelnen Messfehler handeln kann. Der Mittelwert, also die tendenzielle Aussage, wird dadurch jedenfalls nur marginal beeinflusst, eine Vernachlässigung dieses exzentrischen Wertes ist somit angebracht.

## p-Werte

**Tabelle 12: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Tv**

	p 1/2/3	p 1/2	p 1/3	p 2/3
Tv	0,00	0,38	0,07	0,00

p 1/2/3 = Vergleich aller drei Gruppen miteinander

p 1/2 = Vergleich der Gruppen 1 und 2

p 1/3 = Vergleich Gruppen 1 und 3

p 2/3 = Vergleich Gruppen 2 und 3

Die Mittelwerte zeigen zwar eine erfolgte Bissenkung in allen drei Probandengruppen, diese schien jedoch in signifikant unterschiedlichem Ausmaß stattzufinden. Der p-Wert im Inter-Gruppenvergleich aller 3 Gruppen signalisiert diese Vermutung. Der Unterschied scheint im Vergleich der Gruppen 2 und 3 zu liegen, der Unterschied zwischen 1 und 2 sowie 1 und 3 ist augenscheinlich nicht signifikant. Ein erneuter Blick auf die Box-Plots bestätigt diese Aussage: Der mittlere Wert von Gruppe 3 liegt wesentlich höher als der von Gruppe 2. Dies bedeutet, dass beim Übergang von zentrischer in habituelle Position bei den Bläsern eine wesentlich stärkere Bissenkung stattfand als bei den gesunden Nicht-Musikern. Der Mittelwert der Streicher lag dazwischen.

### **4.3.7 Rechts-Links-Vergleich Rs/Ls, Rh/Lh**

**Tabelle 13: Mittelwerte Rs u. Ls im Rechts-Links-Vergleich**

Gruppe	Rs	Ls
1	-3,58	-3,27
2	-2,37	-1,84
3	0,07	-0,23

**Tabelle 14: Mittelwerte Rh u. Lh im Rechts-Links-Vergleich**

Gruppe	Rh	Lh
1	-2,95	-3,25
2	-2,46	-2,34
3	0,16	0,05

**Tabelle 15: p-Werte zum Rechts-Links-Vergleich der Parameter Rs, Ls, Rh und Lh**

Gruppe	p Rs/Ls	p Rh/Lh
1	0,50	1,00
2	0,27	1,00
3	0,75	0,58

Bei der Betrachtung der p-Werte im Vergleich der Kondylenpositionsänderung im rechten und linken Kiefergelenk in allen drei Gruppen fällt auf, dass keiner der Werte unterhalb der Signifikanz-Grenze 0,05 liegt. Die Werte sind alle positiv. Das bedeutet, dass es in keiner der drei Gruppen einen signifikanten Unterschied zwischen rechtem und linkem Kiefergelenk gab.

Die erneut zur Veranschaulichung tabellarisch zusammengefassten Mittelwerte für Rs, Ls, Rh und Lh lassen zwar erkennen, dass die Kompression (Rh/Lh neg. Vorzeichen) bei den Streichern im linken Kiefergelenk um 0,3 mm stärker ausgeprägt war als rechts. Allerdings lässt dieser doch sehr kleine Betrag keine eindeutige Tendenz, also keine Signifikanz, feststellen. Auch der etwas geringere Mittelwert, links 0,53 mm weniger als rechts, für die sagittale Dorsalbewegung bei den Streichern stellt offenbar keinen signifikanten Unterschied dar.



## 5 Diskussion

### 5.1 Interpretation der Angaben in den Fragebögen

Auffällig während der Untersuchung und Befragung der Musiker war die Tatsache, dass alle Teilnehmenden ein sehr starkes Bewusstsein für ihren Körper zu haben schienen und sehr aufmerksam jegliche Veränderung beobachteten und genau beschreiben konnten. Ganz besonders auch im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich waren alle Probanden sehr gut über Schwachstellen und bereits erfolgte Behandlungen informiert und auch interessiert. Keiner der Musiker hatte einen vernachlässigten Gebisszustand, die meisten hatten ein vollständiges natürliches Gebiss, keiner trug herausnehmbaren Zahnersatz. Diese Beobachtungen überraschen nicht, wenn man bedenkt, dass für das professionelle Spielen eines Musikinstrumentes ein sehr feines Körpergefühl notwendig ist. Die Musiker sind auf das einwandfreie und beschwerdefreie Funktionieren ihres Bewegungsapparates angewiesen. Die Wichtigkeit eines guten Gebisszustandes wird vor allem bei Bläsern deutlich, denn diese erzeugen mithilfe von Lippen, Zunge, aber auch Zähnen den notwendigen Luftstrom, der den Ton ihres Instrumentes erzeugt. Lockere oder schmerzende Zähne oder gar eine schlecht sitzende Prothese oder anderer Zahnersatz wären in diesem Fall sehr hinderlich.

Fast alle Probanden konnten von im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit aufgetretenen oder vorhandenen Beschwerden im Bereich des Bewegungsapparates berichten. Dies spiegelt wieder, was bereits Kok et al. beschrieben, nämlich dass bei 62 bis 93 % der professionellen Musiker im Laufe ihrer Karriere Muskulatur- und Gelenkprobleme auftreten [20]. 20 der 32 für die vorliegende Arbeit befragten Musiker befanden oder befinden sich wegen unterschiedlicher Beschwerden in Therapie wie zum Beispiel Physiotherapie. Dies verdeutlicht erneut, wie wichtig ein beschwerdefreier, funktionierender Körper für die Berufsmusiker ist. Die beschriebenen Beschwerden geben eine Vorstellung davon, welche starken körperlichen Belastungen Berufsmusiker fast täglich ausgesetzt sind. Im Durchschnitt wurde eine Spieldauer von 4,2 Stunden pro Tag an 6 Tagen die Woche angegeben. Darunter gab es sogar Musiker, die dieses Pensum 7 Stunden am Tag durchhielten, je nachdem welche Position innerhalb des Orchesters besetzt wurde. Die bereits mehrfach beschriebenen einzunehmenden Zwangshaltungen und

einseitigen Bewegungen in hohem zeitlichem Umfang scheinen tatsächlich für alle Musiker eine starke körperliche Belastung darzustellen. Daraus resultieren spezifische Beschwerden und entsprechende therapeutische Maßnahmen sind notwendig, um ein einwandfreies Funktionieren wieder herzustellen.

Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule zeigten sich bei 20 der 32 befragten Musiker, Beschwerden im Bereich der Brustwirbelsäule bei 8 und im Bereich der Lendenwirbelsäule bei 22 Probanden. Stundenlanges Sitzen im Orchester mit Drehhaltung des Oberkörpers in Richtung des Notenpultes mit zusätzlichem Halten und Fixieren des Instrumentes zusammen mit den einseitigen Bewegungen scheinen entsprechende Beschwerden hervorzurufen. Alle Musiker schienen dies als Dauerzustand hinzunehmen und waren sich der Problematik bewusst. 9 Musiker berichteten von regelmäßig auftretenden Taubheitsgefühlen und Zittern im Bereich der Gliedmaße, 13 von regelmäßig auftretenden Kopfschmerzen und 11 waren oder sind von einem Hörsturz oder einem Tinnitus betroffen. Dies alles sind dramatische Symptome, die im Zusammenhang mit der Berufsausübung von Orchestermusikern zu stehen scheinen.

Hierbei darf zusätzlich neben der offensichtlichen körperlichen Belastung nicht die psychische Komponente außer Acht gelassen werden. Die Probanden wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit befragt, wie stark sie sich durch ihre Tätigkeit als Berufsmusiker psychisch belastet fühlen. Es sollte eine Zahl auf der Skala 0 (gar nicht) bis 10 (sehr stark) angegeben werden. Im Durchschnitt lag dieser Index für eine gefühlte psychische Belastung bei 4,6. Nur zwei gaben an, sich gar nicht gestresst zu fühlen. Einige beschrieben ihr Stresslevel mit 7 bis 8. Psychischer Druck kann ebenfalls zu verspannten Muskeln führen, zum Beispiel durch Hochziehen der Schultern statt entspanntem Lockerlasse oder Pressen und Knirschen mit den Zähnen. Man reißt sich sprichwörtlich zusammen oder beißt sich durch. Die psychische Belastung lässt zusätzlich nach einem Arbeitstag nicht automatisch nach wie die eingenommene Körperhaltung. Sie besteht häufig auch in der Freizeit und im Schlaf und kann entsprechend starke Auswirkungen haben. Sowohl Körperhaltung als auch Stresslevel sind zwei wichtige Komponenten bei der Entstehung von CMD. 19 Musiker gaben an, mit den Zähnen zu knirschen, 13 davon besaßen eine Zahnschiene und 9 Probanden berichteten von Schmerzen beim

Kauen. Diese Zahlen verdeutlichen die Bedeutung und Häufung von kranio-mandibulären Dysfunktionen bei Musikern im Zusammenhang mit anderen Problemen im Bereich des Bewegungsapparates.

## 5.2 Hypothesenüberprüfung

### 5.2.1 Hypothese 1

In Hypothese 1 wird die Vermutung geäußert, dass langjähriges, intensives Spielen eines Musikinstrumentes Auswirkungen auf die Position der Kondylen im Kiefergelenk hat.

Dies soll im Folgenden anhand der Messergebnisse überprüft werden. Herangezogen werden dabei die errechneten Mittelwerte (MW) sowie die p-Werte, welche eine tatsächliche Signifikanz belegen oder widerlegen. Zur Veranschaulichung dient eine Tabelle, in welcher die Verifizierung oder Falsifizierung der Hypothese durch Ziffern dargestellt wird. 1 = Verifizierung, 0 = Falsifizierung, 0,5 = teilweise Verifizierung. Eine eingehende Erläuterung folgt im Anschluss an die Tabelle.

Tabelle 16: Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese 1; 1 = ja, 0 = nein, 0,5 = teilweise

	Rs	Ls	Tl	Tv	Rh	Lh
p	1	1	0	0,5	1	1
MW	1	1	0	0,5	1	1

#### 5.2.1.1 Parameter Rs und Ls

Langjähriges, intensives Spielen eines Musikinstrumentes scheint Auswirkungen auf die Kondylenposition in sagittaler Dimension zu haben. Wie in den Tabellen 1 und 3 anhand der dargestellten Mittelwerte ersichtlich ist, fand im Rahmen der Kondylenpositionsanalyse sowohl bei den Bläsern als auch bei den Streichern eine Dorsalverlagerung der Kondylen von der zentrischen in die IKP statt. Bei den Nicht-Musikern erfolgte im rechten Kiefergelenk eine minimale Dorsalverlagerung, im linken Gelenk eine ganz leichte Ventralverlagerung. Dass hierbei tatsächlich ein signifikanter Unterschied zwischen der Kohorte der Musiker und der Nicht-Musiker besteht, belegen die errechneten

ten p-Werte. Sowohl bei Parameter Rs als auch bei Ls liegen die p-Werte beim Vergleich der jeweiligen Musikergruppen mit der Kontrollgruppe um den Wert „Null“, unterhalb des Grenzwertes 0,05. Die Position der Kondylen in IKP sowohl bei Streichern als auch bei Bläsern unterschied sich also signifikant von der der Nicht-Musiker.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass beim Übergang von der zentrischen in die habituelle Kondylenposition in maximaler Okklusion bei den gesunden Nicht-Musikern keine nennenswerte Verschiebung festzustellen war, weder nach ventral noch nach dorsal. Bei beiden Musikergruppen fand hingegen eine eindeutige Dorsalverlagerung statt. Die Werte der Parameter Rs und Ls bestätigen also Hypothese 1.

#### **5.2.1.2 Parameter Tl**

Sowohl Mittelwerte als auch p-Werte des Parameters Tl (siehe Tabellen 9 und 10) offenbaren, dass in keiner der drei Gruppen eine nennenswerte Verlagerung der Kondylen bzw. des Unterkiefers in laterale Richtung stattfand. Dadurch lässt sich auch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen feststellen. Es sind also keine Auswirkungen des Instrumentenspiels in lateraler Richtung nachzuweisen.

#### **5.2.1.3 Parameter Tv**

Bezüglich einer Bisshebung und -senkung, welche durch Parameter Tv dargestellt wird, kann Hypothese 1 teilweise bestätigt werden. Zwar fand bei allen 3 Gruppen eine Bissenkung statt (siehe Tabelle 11), jedoch unterschieden sich nur die Werte von Bläsern und Nicht-Musikern signifikant (siehe Tabelle 12). Beim Übergang von Zentrik in IKP fand bei den Bläsern eine wesentlich stärkere Bissenkung statt als bei den Nicht-Musikern. Bei den Streichern war der Unterschied zwar im Durchschnitt vorhanden, aber nicht signifikant. Es scheint also vor allem das langjährige intensive Spielen eines Blasinstrumentes Auswirkungen auf die vertikale Bisshöhe zu haben.

#### **5.2.1.4 Parameter Rh und Lh**

Die Ergebnisse der Parameter Rh und Lh, welche eine Kompression bzw. Dekompression im Kiefergelenk beschreiben, bestätigen die durch Hypothese 1 aufgestellte Behauptung. Bei beiden Musikergruppen, sowohl Streichern als auch Bläsern, erfolgte eine eindeutige Kompression der Kiefergelenke rechts und links beim Übergang von Zentrik in IKP (siehe Tabellen 5 und 7). Bei den Nicht-Musikern fand hingegen eine

leichte Dekompression statt. Die ermittelten p-Werte bestätigen den signifikanten Unterschied zwischen der Kohorte der Musiker und der Gruppe der Nicht-Musiker (siehe Tabellen 6 und 8).

Die Ergebnisse von vier Parametern bestätigen also die Vermutung, dass sich die Position der Kondylen im Kiefergelenk von Musikern im Vergleich zu Nicht-Musikern verändert. Ein Parameter bestätigt die Hypothese teilweise, nämlich im Falle der Bläser und ein Parameter zeigt keinen signifikanten Unterschied. Hypothese 1 ist hiermit bestätigt: die reale Position der Kondylen im Kiefergelenk bei maximaler Okklusion bei Musikern unterscheidet sich von der bei Nicht-Musikern. Die Kondylen der Musiker waren in habitueller Okklusion sowohl nach dorsal als auch nach kranial verlagert und bei der Gruppe der Bläser war zudem eine ausgeprägte Bissenkung zu erkennen.

Auswirkungen des langjährigen, intensiven Instrumentenspiels
- <b>Dorsalverlagerung</b> (Streicher rechts durchschnittlich 3,58 mm, links 3,27 mm; Bläser rechts durchschnittlich 2,37 mm, links 1,84 mm)
- <b>Verringerung der Bisshöhe</b> (Bläser signifikant durchschnittlich 3,47 mm)
- <b>Kompression</b> (Streicher rechts durchschnittlich 2,95 mm, links 3,25 mm; Bläser rechts 2,46 mm, links 2,34 mm)

### 5.2.2 Hypothese 2

Hypothese 2 besagt, dass durch die teilweise stark asymmetrische Körperhaltung beim Spielen der unterschiedlichen Instrumente die Kiefergelenke rechts und links in unterschiedlichem Maße belastet werden und sich daher die Position der Kondylen rechts und links unterscheidet.

Bei der Auswertung der Parameter Rs/Ls (sagittale Verschiebung rechts und links) und Rh/Lh (vertikale Verschiebung/Kompression rechts und links) war festzustellen, dass es in keiner der drei Probandengruppen einen signifikanten Unterschied zwischen rechtem und linkem Kiefergelenk gab. Die Mittelwerte besagen, dass sowohl bei Bläsern als auch bei Streichern jeweils rechts und links in nahezu identischem Ausmaß eine Dorsalverlagerung der Kondylen von Zentrik in IKP stattfand. Im linken Kiefergelenk der

Streicher betrug der Mittelwert 0,53 mm weniger als rechts, eine leichte Andeutung einer Tendenz, die aber anhand der p-Werte jedoch nicht bestätigt werden konnte. Auch bei der vertikalen Komponente Rh/Lh lässt sich anhand der Mittelwerte eine minimale Tendenz feststellen, die die anfänglich geäußerte Vermutung bestätigen würde. Bei beiden Musikergruppen fand eine Kompression in beiden Kiefergelenken statt. Bei den Streichern fiel diese links 0,3 mm stärker aus als rechts. Auch in der Tabelle der p-Werte ist zu erkennen, dass der Unterschied zwischen Bläsern und Streichern auf der linken Seite stärker ausgeprägt ist als auf der rechten Seite ( $p_{1/2 Rh} = 0,765$ ;  $p_{1/2 Lh} = 0,301$ ). Insgesamt sagen die p-Werte jedoch aus, dass keiner dieser minimalen Abweichungen einen signifikanten Unterschied zwischen dem rechten und linken Kiefergelenk der Musiker bestätigt. Hypothese 2 ist somit widerlegt. Eine asymmetrische Belastung scheint nicht zwingend auch asymmetrische Auswirkungen auf die Position der Kondylen in IKP zu haben.

**Rechtes und linkes Kiefergelenk gleichermaßen betroffen:**

massive Dorsalverlagerung und Kompression auf beiden Seiten trotz zum Teil stark asymmetrischer Belastung

### 5.2.3 Hypothese 3

Hypothese 3 sagt aus, dass die Kondylenposition in IKP davon abhängig ist, welches Instrument der Musiker spielt.

In der vorliegenden Studie wurden die Musiker in die Gruppe „Streicher“ (Gruppe 1) und in die Gruppe „Bläser“ (Gruppe 2) eingeteilt. Zur Gruppe der „Streicher“ gehörten die sogenannten „hohen Streicher“, die Violinisten und Viola-Spieler, da sich deren Körperhaltung stark ähnelt. Zur Gruppe der „Bläser“ gehörten alle Blasinstrumentenspieler sowie alle übrigen Mitglieder des Orchesters (wie z.B. Paukenspieler und Bassisten). Die besonders asymmetrische und unter allen anderen Musikern herausragende Körperhaltung der hohen Streicher lässt vermuten, dass dies Auswirkungen auf die Position der Kondylen hat, welche sich bei den restlichen Musikern anders darstellt. Die erhobenen Mittelwerte und p-Werte bestätigen diese Vermutung jedoch nicht.

Der p-Wert 1/2, der einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2 anzeigen würde, liegt bei allen Parametern über dem Grenzwert 0,05. Einzig die Mittelwerte, deren Auswertung durch die alleinige Betrachtung der Werte recht subjektiv ist im Vergleich zum mathematisch hergeleiteten p-Wert, scheinen eine Tendenz anzuzeigen, welche die Hypothese bestätigen.

Tabelle 17: Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese 3; 1 = ja, 0 = nein, 0,5 = teilweise

	Rs	Ls	Tl	Tv	Rh	Lh
p	0	0	0	0	0	0
MW	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5

### 5.2.3.1 Parameter Rs und Ls

Die Kondylen befanden sich sowohl bei Streichern als auch bei Bläsern in beiden Kiefergelenken bei Einnehmen der IKP in einer in Relation zur zentrischen Position nach dorsal verlagerten Position. Rechts war diese Verlagerung bei den Streichern mit durchschnittlich 3,58 mm etwas stärker ausgeprägt als bei den Bläsern mit 2,37 mm. Auf der linken Seite zeigte sich dieselbe Tendenz. Bei den Streichern fand eine Dorsalverlagerung um 3,27 mm statt, bei den Bläsern hingegen nur um 1,84 mm. Im linken Kiefergelenk unterschieden sich Streicher und Bläsern also auf den ersten Blick in der Ausprägung der Verlagerung.

Die bei den Streichern offensichtlich höheren Werte sprechen für die Annahme, dass das Pressen des Streichinstrumentes gegen den Unterkiefer eine besonders starke Auswirkung auf die Lage der Kondylen hat. Auch die dorsale Richtung erscheint logisch, denn der Druck des Instrumentes findet zur Fixierung unter dem linken Kinn in Richtung Hals statt. Zuletzt ist auch die links stärkere Ausprägung bei den Streichern bemerkenswert, denn schließlich wird das Instrument unter den linken Unterkiefer gepresst.

Die p-Werte legen dennoch nahe, dass diese anhand der Mittelwerte festzustellenden Unterschiede nicht signifikant sind. Die Auswirkungen des Instrumentenspiels auf die Kondylenposition unterscheiden sich demnach bei Streichern und Bläsern hinsichtlich der sagittalen Komponente nicht.

### 5.2.3.2 Parameter Rh und Lh

Bei beiden Musikergruppen war eine Positionsänderung der Kondylen in vertikale Richtung nach kranial zu beobachten. Das bedeutet, dass bei allen untersuchten Musikern sowohl rechts als auch links eine ausgeprägte Kompression in IKP vorlag, durchschnittlich waren die Kondylen um 3 mm Richtung Fossa articularis verlagert. Auch hier deuteten die Mittelwerte darauf hin, dass diese Auswirkung bei den Streichern minimal stärker zu sein scheint als bei den Bläsern. Rechts schien das Kiefergelenk bei den Streichern um durchschnittlich 2,95 mm komprimiert, bei den Bläsern um 2,46 mm. Links konnte bei den Streichern sogar noch eine noch stärkere Ausprägung festgestellt werden, nämlich um 3,25 mm. Bei den Bläsern war links ein Wert von 2,34 mm zu verzeichnen.

Wie bei den Werten für die sagittale Dimension lassen die Mittelwerte also auch hier vermuten, dass die langfristigen Auswirkungen des Geigen- und Violaspiels auf die Kondylenposition stärker sind als die des Spielens eines Blasinstrumentes. Der höhere Mittelwert im linken Kiefergelenk der Streicher ließe sich auch hier dadurch erklären, dass links durch das Fixieren des Instrumentes der stärkere Druck stattfindet.

Offensichtlich waren die Werte aber auch in diesem Fall nicht aussagekräftig genug, sodass die p-Werte gegen einen signifikanten Unterschied zwischen Streichern und Bläsern sprachen.

### 5.2.3.3 Parameter Tl

Die erhobenen Werte im Bereich der transversalen Verlagerung des Unterkiefers nach rechts und links sprachen ebenfalls gegen einen Unterschied zwischen Streichern und Bläsern. Während bei den Streichern im Mittel ein Verlagerung von Unterkiefer und Kondylen um 0,55 mm nach rechts erfolgte, war bei den Bläsern eine Verlagerung um 0,22 mm nach links zu beobachten.

In beiden Fällen war der Unterschied zwischen Position in Zentrik und IKP so gering, dass bereits die Mittelwerte vermuten ließen, dass in keiner der Musikergruppen eine Kondylenverlagerung erfolgte.

Zu vermuten wäre hingegen gewesen, dass der Druck eines Streichinstrumentes gegen den linken Unterkieferast eine Verlagerung der Kondylen nach rechts bewirkt. Auch wenn sich diese Tendenz anhand der Mittelwerte im Ansatz so darstellt, belegen die p-



Werte, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Bläsern und Streichern zu verzeichnen gab.

#### **5.2.3.4 Parameter Tv**

Bei beiden Musikergruppen konnte beim Vergleich von Zentrik und IKP eine Bissenkung festgestellt werden, bei den Streichern im Mittel um 2,2 mm und bei den Bläsern um 3,47 mm. Dies schien darauf hinzudeuten, dass sich der Biss bei den Bläsern stärker absenkt als bei den Streichern. Die ermittelten p-Werte zeigten jedoch keine Signifikanz.

#### **Streicher und Bläser gleichermaßen betroffen:**

Massive Dorsalverlagerung und Kompression sowohl in rechtem als auch linkem Kiefergelenk, unabhängig von der Art des Instrumentes

### **5.3 Ergebnisanalyse**

Die Auswertung und Analyse der erhobenen Daten führt zu mehreren Schlussfolgerungen:

1. Langjähriges, intensives Spielen eines Musikinstrumentes hat Auswirkungen auf die Position der Kondylen im Kiefergelenk.
2. Die Veränderungen der Kondylenposition finden im gleichen Maße in rechtem und linkem Kiefergelenk statt, es ist keine Asymmetrie festzustellen.
3. Die Auswirkungen auf die Kondylenposition sind bei den im Rahmen der vorliegenden Studie untersuchten Musikern gleich, es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der Streicher und der Bläser.

Die wichtigste Erkenntnis, die daraus folgt, lautet: Berufsmusiker scheinen ein stark erhöhtes Risiko zu haben, im Laufe ihres Lebens an einer arthrogenen kranio-mandibulären Dysfunktion zu leiden. Die veränderte Kondylenposition bei habitueller Okklusion ist ein starkes Indiz dafür.

Auch die myogenen Befunde sind alarmierend. Bei 18 der 32 untersuchten Musiker wurde die Palpation der Kaumuskulatur, vor allem des M. masseters, als schmerzhaft

empfunden. Ebenso spiegeln die geschilderten Ergebnisse der anamnestischen Befragungen wider, dass tatsächlich die Mehrzahl der untersuchten Musiker bereits Beschwerden im Bereich des kranio-mandibulären Systems hat oder zumindest zeitweise darunter leidet.

**Tabelle 18: Zusammenfassung der Befunde aus Anamnese und Funktionsanalyse der 32 Probanden**

<b>Befunde</b>	<b>Anzahl der Probanden mit positivem Befund</b>
Taubheitsgefühle/Zittern im Bereich des Bewegungsapparates	9
Kopfschmerzen	13
Hörsturz/Tinnitus	11
Beschwerden Halswirbelsäule	20
Beschwerden Brustwirbelsäule	8
Beschwerden Lendenwirbelsäule	22
Beschwerden Schultern	11
Knirschen mit den Zähnen	19
Schmerzen beim Kauen	9
Palpationsschmerz Kaumuskulatur	18

Mithilfe der durchgeführten Kondylenpositionsanalyse konnte nachgewiesen werden, dass bei allen Musikern eine im Vergleich zur idealen zentrischen Position veränderte habituelle Okklusion und Kondylenposition vorliegt. Dies wurde nachvollzogen, indem zunächst die zentrische Kondylenposition auf dem Messblatt markiert wurde und anschließend die tatsächliche Position, die durch das Aufeinandersetzen der Kiefermodelle in IKP ermittelt wurde. Als Ergebnis präsentierte sich im Schnitt eine Verlagerung der Kondylen nach kranial und dorsal. Vor allem bei den Bläsern konnte zudem eine ausgeprägte Absenkung der Bisshöhe nachgewiesen werden. Dies spiegelt eine Okklusion wider, welche als tiefer Rückbiss bezeichnet werden kann. Es ist bekannt, dass Patienten mit einem tiefen Rückbiss, also einer distalen Verzahnung mit erhöhtem vertikalem Überbiss, prädisponiert sind für Probleme im Bereich der Kiefergelenke. Ursache dafür

ist ein dauerhafter Druck nach dorsal und kranial in den Kiefergelenken, während die Zahnreihen okkludieren.

Zunächst soll in diesem Kapitel dargestellt und diskutiert werden, welche Folgen eine veränderte, nicht zentrische Kondylenposition für Form und Funktion der Kiefergelenke hat. Außerdem sollen Überlegungen angestellt werden, wie es anatomisch gesehen zu einer solchen Positionsänderung kommen kann, speziell im Falle der Berufsmusiker.

Okklusion und Kondylenposition hängen untrennbar zusammen. Ändert sich die Kondylenposition, ändert sich auch die Lage des Unterkiefers und somit die Position, in der die Zahnreihen aufeinander treffen. Umgekehrt ist es genauso. Verändert sich die Okklusion, ändert sich die Position des Unterkiefers und dadurch auch die Position der Kondylen im Kiefergelenk. Durch die paarige Anlage der Kiefergelenke ist jegliche Bewegung des Unterkiefers ein komplexes Geschehen. Die beiden Gelenke können niemals isoliert voneinander bewegt werden. Findet eine Veränderung in einem Gelenk statt, erfolgt zwangsläufig auch immer eine Veränderung im anderen Gelenk. Die Kondylen befinden sich in einer idealen zentrischen Position, wenn sie im dreidimensionalen Raum des Gelenkes so positioniert sind, dass sie in alle Richtungen die bestmöglichen Ausweichmöglichkeiten haben. Stöße und Drücke können so am besten aufgefangen werden, ohne dass der Kondylus an eine der umgebenden knöchernen Strukturen anstößt. Die umgebenden Gewebe werden in dieser Position weder gequetscht noch anderweitig belastet.

Das Kiefergelenk stellt ein flexibles System dar, welches sehr schnell und effektiv auf unterschiedliche Belastungen reagieren kann. Die Gelenkflächen, das walzenförmige Ende des Kondylus sowie die Fossa glenoidalis mit dem Tuberculum und der Eminentia articularis, sind mit Faserknorpel überzogen. An der Oberfläche dieser Knorpelschicht liegt das Stratum fibrosum, darunter folgt das Stratum proliferativum aus undifferenzierten Mesenchymzellen. Als unterste Schicht folgt der Faserknorpel [7]. Diese Schichtung spricht für ein anpassungsfähiges Gewebe, welches in der Lage ist, Umbauprozesse zur Adaptation zu initiieren. Der Discus besteht aus Typ-I-Kollagen, welches einen elastischen Widerstand erzeugt und Proteoglykanen, die für seine viskoelastische Ei-

genschaft sorgen [46]. Dabei ist er bikonkav geformt und gleicht so ideal die Inkongruenz der aufeinandertreffenden Gelenkflächen aus [29]. Sowohl die Gelenkflächen als auch der Discus puffern Stöße und Drücke ab. Bei einer dauerhaften Über- und Fehlbelastung der eigentlich sehr flexiblen und anpassungsfähigen Kiefergelenke kommt es langfristig zu Formveränderungen der beteiligten Gewebe und zu degenerativem arthrotischem Gelenkumbau [7].

Bei unphysiologischer Belastung finden zunächst eine Knorpelhypertrophie und eine gleichzeitige Resorption von Knochengewebe statt. Im weiteren zeitlichen Verlauf kommt es schließlich zu einer Formveränderung der Gelenkflächen. Das Gelenk schützt sich durch diese Veränderung selbst, denn die Knorpelverdickung führt zu einer besseren Druckabsorption. Leider verschlechtern sich dabei die biomechanischen Eigenschaften des Gelenkes und die Anzahl an undifferenzierten Mesenchymzellen nimmt ab. Das Gelenk wird dadurch insgesamt weniger flexibel und kann auf weitere Angriffe schlechter reagieren. Früher oder später sind die Gewebe des Gelenkes nicht mehr in der Lage mit Remodellation auf Belastung zu reagieren und es kommt zu degenerativen Veränderungen [7]. Das bedeutet, dass sich das Gelenk zunächst durch Umbau der Gewebe anpasst und versucht, Schlimmeres zu verhindern. Wenn dies schließlich nicht mehr möglich ist, kommt es zur Zerstörung der beteiligten Gewebe. Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass sich zuerst die Form des Gelenkes ändert, bevor es zu einer veränderten Funktion und schließlich zu einer Dysfunktion mit entsprechender Symptomatik kommt. Die Symptomatik kann sich ganz unterschiedlich darstellen und auch mehr oder weniger ausgeprägt sein. Es können unter anderem Schmerzen auftreten, eine eingeschränkte Beweglichkeit des Unterkiefers oder auch reibende und knackende Geräusche während der Bewegung.

Tanaka et al. [46] stellten bei der Untersuchung von Disci aus den Kiefergelenken von Hunden fest, dass diese auf Be- und Entlastung bzw. Kompression und Dekompression physikalisch betrachtet wie ein linear viskoelastisches Material reagieren. Das bedeutet, dass der Discus im Gelenk einen idealen Puffer darstellt, solange er nicht überlastet wird und seine normale Elastizität behält. Wird er kurzfristig mehrfach gequetscht

und wieder entlastet, verformt er sich entsprechend der einwirkenden Kraft und nimmt bei Entlastung wieder seine ursprüngliche Form an.

Auch Beek et al. [6] beschreiben die besonderen Eigenschaften des Discus articularis, diesmal anhand der Untersuchung menschlicher Präparate. Der Discus sei in der Lage, sowohl kurze, heftige Stöße als auch längeren Druck zu absorbieren und so das Kiefergelenk zu schützen. Bemerkenswert seien dabei die morphologischen Unterschiede, welcher der Discus in seiner Form von anterior nach posterior aufweist. Es wurde festgestellt, dass das mittlere Drittel besonders gut heftige Stöße abfangen kann, im anterioren und posterioren Anteil sei diese Widerstandskraft nicht ganz so ausgeprägt. Dafür seien die Randbereiche des Discus besser für das Abfangen längerfristiger, leichterer Kräfte ausgelegt. Vor allem die elliptische Form des Discus spiele in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle [6].

Henderson et al. [18] untersuchten anhand von Kaninchenpräparaten, welche mikrobiologischen Veränderungen im Kiefergelenk ablaufen, wenn eine dauerhafte Fehlbelastung oder Überlastung besteht. Über einen Zeitraum von 6 Wochen wurde eine einseitige Kiefergelenksbelastung simuliert, indem auf nur einer Seite des Kiefers eine 1 mm dicke Schiene befestigt wurde. Anschließend wurden die Kiefergelenke makroskopisch und histologisch untersucht. Die knorpeligen Gelenkoberflächen zeigten bereits nach dieser kurzen Zeit einen Verlust der Elastizität, zudem war der Knorpel histologisch verändert. Die normale Anordnung der Zelllagen war zerstört, das Kollagen stark verändert und der DNA-Gehalt der Zellen war massiv reduziert. Nur der Discus schien in diesem Stadium keine degenerativen Veränderungen aufzuweisen. Diese Erkenntnisse zeigen, welche gravierenden Auswirkungen eine Fehlbelastung des Kiefergelenkes schon nach wenigen Wochen auf die beteiligten Gewebe haben kann und wie effektiv hingegen der Discus über längere Zeit einer Schädigung entgehen kann.

Vermutlich spielt hier nicht nur die Form sowie der histologische Aufbau des Discus eine Rolle, sondern auch seine Beweglichkeit und damit seine Fähigkeit, an den Gelenkflächen des Kondylus und der Fossa glenoidalis entlangzugleiten und sich dadurch in eine günstige Position zu bringen. Bei den Musikern könnte dies konkret bedeuten, dass sich der Discus bei der stattfindenden Verlagerung des Kondylus nach kranial und dor-

sal in die entgegengesetzte Richtung, nämlich nach anterior und kaudal, verlagert und dadurch der Fehlbelastung ausweicht.

Matuska et al. [27] untersuchten die Kiefergelenke von erwachsenen Schweinen und legten den Fokus besonders auf die degenerativen biomechanischen Veränderungen des Discus articularis. Es wurden die Oberfläche sowie lokale biomechanische und biochemische Eigenschaften von deformierten Disci im Vergleich zu normalen, unveränderten Disci articularis untersucht. Die stärksten degenerativen Veränderungen waren hierbei im mittleren und dorsalen Drittel des Discus festzustellen. Das Knorpelgewebe wies, ähnlich wie von Henderson et al. [18] hinsichtlich der Gelenkoberflächen beschrieben, einen Verlust der Elastizität auf. Auch hatte der degenerierte Discus seine typische elliptische Form eingebüßt und die natürliche Zellschichtung war verloren gegangen.

Anhand der Ergebnisse der CPA konnte nachgewiesen werden, dass die Kondylen der Orchestermusiker eine kraniodorsale Position eingenommen haben. Offensichtlich haben die Kiefergelenke der Musiker bereits eine langfristige, irreversible Formveränderung erfahren. Die Kiefergelenke haben sich an die Fehlbelastung durch Remodelling der Gelenkflächen und des Discus adaptiert. Die knöchernen Struktur des Kondylus ist den veränderten knorpeligen Anteilen des Kiefergelenkes in dorsokraniale Richtung gefolgt. Bei einigen lief diese Veränderung zunächst beschwerdefrei ab, was für eine erfolgreiche Kompensation spricht. Bei anderen zeigten sich die ersten Beschwerden, was bereits auf ein Zusammenbrechen der adaptiven Kapazität der Kiefergelenke und eine Dekompensation hindeutet.

Es muss also in den Gelenken der Musiker durch Fehlbelastung zu einer Änderung der Strukturen gekommen sein. Damit die Gelenkfortsätze mit dem Kondylus als oberes Ende Kraft auf die Gewebe im Gelenk ausüben können, muss zwangsläufig gleichzeitig eine Positionsänderung des Unterkiefers stattgefunden haben. Der Unterkiefer kann entweder passiv durch äußeren Druck oder aktiv durch Muskelaktivität seine Position ändern. Beim Zusammentreffen von Ober- und Unterkiefer bestimmt die Okklusion die Position der Kondylen, denn diese zwingt den Unterkiefer durch das vorbestimmte Zusammentreffen der Zahnreihen in eine definierte Position. Die CPA simuliert zum

einen die Position der Kondylen in Zentrik und zum anderen in habitueller Okklusion. Es kann damit festgestellt werden, wie sich die Position der Kondylen durch eine neue physiologische Okklusion verändert.

Nun stellt sich die Frage, wie es speziell bei Berufsmusikern zu einer veränderten Okklusion kommt und wodurch diese verursacht wird.

Eine Möglichkeit ist, dass durch äußeren Druck primär die Position des Unterkiefers verschoben wird und die Zähne dieser veränderten Situation folgen, indem sie ihre Stellung anpassen. Berufsmusiker beginnen häufig schon im frühen Kindesalter mit dem Spielen ihres Musikinstrumentes. Zwangsläufig kommt es hier zu Belastungen des Bewegungsapparates und des kranio-mandibulären Systems, die so nicht vorgesehen sind. Vielleicht wird bereits zu diesem Zeitpunkt, während des Wachstums, durch den funktionellen Reiz eine entsprechende Reaktion der Gewebe hervorgerufen. Dieser Reiz kann passiv durch den Druck des Instrumentes auf Kiefer und Zähne sowie durch notwendige Muskelkontraktionen hervorgerufen werden. Die Entwicklung und das Wachstum von Unter- und Oberkiefer könnte dadurch durchaus beeinflusst werden. Diese Überlegungen basieren auf dem Wissen, dass funktionelle Kieferorthopädie ähnliche Grundlagen für sich verwendet. So kann zum Beispiel mit funktionskieferorthopädischen Geräten wie dem Bionator durch einfache Vorverlagerung des Unterkiefers das Wachstum des Knochens in die gewünschte Richtung initiiert werden und auch die Stellung der Zähne reguliert sich „wie von selbst“. Es ist anzunehmen, dass diese Beeinflussung des Wachstums auch im negativen Sinne funktioniert, wie dies auch Kovero et al. in ihrer Analyse formulieren [23]. Das forcierte Musizieren in der Kindheit kann überspitzt dargestellt wie ein schlechtes Habit angesehen werden. Wie das dauerhafte Kauen auf der Unterlippe oder das Lutschen am Daumen setzt auch das einseitige Fixieren eines Streichinstrumentes und das zwischen die Lippen Pressen eines Blasinstrumentes funktionelle Reize, die sich auf Zahnstellung und Kieferwachstum auswirken können. Auch im Erwachsenenalter finden ständig Umbauprozesse statt, wenn auch durch das abgeschlossene Wachstum nicht mehr in so großem Umfang wie in der Kindheit. Vor allem die Stellung der Zähne ist auch im Erwachsenenalter stark beeinflussbar.

Es können also zwei Faktoren eine Rolle bei der Kondylenverlagerung spielen: die schon in der Kindheit negativ beeinflusste Entwicklung des CMS als prädisponierender Faktor und die im Erwachsenenalter über viele Stunden am Tag auswirkenden Kräfte beim Spielen eines Musikinstrumentes. Beides würde sekundär dafür sorgen, dass die Zahnstellung der veränderten Unterkieferposition folgt und eine neue Okklusion entsteht.

Vermutlich spielt beides eine Rolle. Weiterführende Studien vor allem durch die langfristige Untersuchung von Musikern schon ab dem Kindesalter bis ins Erwachsenenalter könnten darüber Aufschluss bringen.

Ebenso wie sich die Okklusion durch eine primär veränderte Kieferstellung anpassen kann, ist es umgekehrt möglich, dass primär die Okklusion verändert wird und dadurch eine neue adaptierte Kieferposition entsteht. Durch Spielen eines Streichinstrumentes mit okkludierenden Kiefern könnte der permanente Druck nach rechts zu einem Ausweichen der Zähne und Zahnachsen führen. Durch das mit hohem intraoralem Druck und durch das Anpressen oder das Positionieren eines Blasinstrumentes zwischen die Frontzähne könnte sich die Stellung der beteiligten Zähne entsprechend ändern. Muskeltonus von Wangen, Zunge und Lippe spielen dabei eine nicht unerhebliche Rolle. Hat sich auf diese Art die Stellung der Zähne verändert, ändert sich auch die habituelle Okklusion und damit die Position des Unterkiefers im Schlussbiss. Somit wäre die veränderte Kondylenposition durch eine neue physiologische Okklusion bedingt. Auch hier besteht wieder die Möglichkeit, dass sich die Okklusionsänderung bereits in der Kindheit abgespielt hat oder der entsprechende Grundstein hierfür gesetzt wurde.

Am wahrscheinlichsten scheint es, dass sich beide Szenarien, also primäre Unterkieferverlagerung mit anschließender Anpassung der Okklusion und primäre Veränderung der Okklusion mit zwingender Lageänderung des Unterkiefers, gleichzeitig abspielen. Der Prozess kann schon ab dem Zeitpunkt des Spielbeginns in der Kindheit begonnen haben.

Sicherlich sind zudem Körperhaltung und Atmung sowie Zungendruck und -haltung für die Position der Kondylen im Kiefergelenk von Bedeutung.



Kopf- und Körperhaltung beeinflussen die Position des Unterkiefers in hohem Maße und umgekehrt genauso [33, 35, 36]. Um beim Spielen eines Blasinstrumentes einen dichten Lippenschluss an dem entsprechenden Mundstück zu ermöglichen, ist zum Beispiel eine Protrusion des Unterkiefers notwendig. Vermutlich wird der Kopf hierbei unbewusst nach dorsal gezogen. Um dennoch eine gute Sicht auf das Notenblatt zu bekommen, welches häufig nicht auf Augenhöhe steht, sondern weiter unten, wird der Kopf noch leicht nach vorne geneigt. Die Zunge wird mit entsprechendem Druck an passender Stelle positioniert und viele Gesichtsmuskeln sind neben Zwerchfell und Rippenmuskeln am Erzeugen eines starken Luftstromes durch den Mund in das Instrument beteiligt. Welche Veränderungen hierbei stattfinden, kann gut am Beispiel eines Patienten erläutert werden, welcher statt durch die Nase, unphysiologisch durch den Mund atmet [7]. Wie beim Einatmen durch den Mund, werden auch beim forcieren Ausatmen, dem Blasen in ein Blasinstrument, verstärkt die Zwischenrippenmuskeln und das Zwerchfell angespannt, um den erhöhten Luftwiderstand zu überwinden. Diese hohe Muskelaktivität verbraucht viel Energie und es wird unbewusst eine veränderte Kopfhaltung eingenommen, um einen harmonischeren Luftstrom zu erzeugen. Der Mund-Atmer überstreckt instinktiv seinen Kopf nach hinten, vergrößert die Mundöffnung und verlagert die Zunge nach vorn. Diese Kompensationsmechanismen erleichtern ihm zwar die Atmung, führen jedoch zu weiteren Veränderungen der Körperhaltung. Um trotz geneigtem Kopf nach vorne sehen zu können, neigt sich der Oberkörper gekrümmt nach vorne. Die Muskulatur des restlichen Körpers reagiert mit Anspannung, um ein Kippen nach vorne zu verhindern. Dieses Beispiel verdeutlicht den engen Zusammenhang zwischen Atmung und Kopfhaltung sowie zwischen Kopf- und Körperhaltung [7].

Sogar das vermutete veränderte Wachstumsmuster durch musizierende funktionelle Reize in der Kindheit lässt sich an diesem Beispiel vergleichend darstellen. Ist die Nasenatmung eines Kindes eingeschränkt, verändert sich nicht nur die Kopf- und Körperhaltung, sondern auch die Zungenposition. Die Zunge sinkt nach unten in den Bereich des Mundbodens ab, daraus resultiert eine Verengung des Oberkiefers durch fehlenden Wachstumsimpuls und ein vertikales Wachstum des Gesichts wird verstärkt [7].

Der Unterkiefer ist durch Os hyoideum, das Zungenbein, sowie die supra- und infrahyoidale Muskulatur mit dem Brustkorb verbunden. Die suprahyoidale Muskula-

tur zieht von der Mandibula zum Zungenbein. Die infrahyoidale Muskulatur stellt durch seine Ansatzpunkte, unter anderem am Schulterblatt, und am Brustbein, eine direkte Verbindung zum Brustkorb her. Das bewirkt, dass eine veränderte Körperhaltung eine Positionsänderung des Unterkiefers bedingt, aber auch umgekehrt eine Veränderte Kieferposition Einfluss auf die Haltung des Körpers hat. Nicht zuletzt spielt auch die Zunge in diesem System eine große Rolle, denn diese ist ebenfalls mit Unterkiefer und Zungenbein verbunden.

Zusätzlich darf auch der Faktor Stress in Zusammenhang mit psychischem Druck bei Berufsmusikern nicht außer Acht gelassen werden. Ein erhöhter Muskel- und Zungen-tonus sowie Knirschen und Pressen zur körperlichen Stressbewältigung sind häufige Verursacher von CMD [42, 47, 48]. Die Angaben bei der Befragung zum individuellen Stresslevel deuten darauf hin, dass dieser Faktor einen nicht geringen Einfluss auf die veränderte Bissituation der Musiker zu haben scheint. Durch Kauen und Schlucken besteht nur für ca. 10 Minuten am Tag Zahnkontakt [7]. In Ruhe, also für den Rest des Tages, befinden sich Ober- und Unterkiefer normalerweise in leichtem Abstand voneinander. Die Kondylen können eine entspannte Position einnehmen und werden nicht durch ein Aufeinandertreffen der Zahnreihen beeinflusst. Das bedeutet, dass ein Mensch trotz einer Fehlstellung der Zähne, die zu einer Malokklusion führt, nicht unbedingt Beschwerden im Kiefergelenk haben muss. Denn 10 Minuten am Tag sind nur eine kurze Zeitspanne. Beginnt der Betroffene aber zum Beispiel nachts oder auch tagsüber mehrere Stunden durch innere Anspannung mit den Zähnen zu knirschen und zu pressen, werden auch die Kiefergelenke über mehrere Stunden schädlichem Druck ausgesetzt und es kann zu entsprechenden Folgen kommen.

Auf den Berufsmusiker übertragen stellt sich eine ähnliche Bedeutung dar. Ist der Musiker nur einige Stunden am Tag den beschriebenen Belastungen ausgesetzt, aber ansonsten recht entspannt und hat keinen Anlass zum Knirschen und Pressen, besteht am ehesten die Möglichkeit, dass sich die belasteten Strukturen in der spielfreien Zeitspanne regenerieren. Setzt sich die Belastung auf das CMS jedoch nach Feierabend durch Bruxismus fort, besteht diese Möglichkeit nicht und es wird eher zu Überlastungssymptomen kommen. Hinzu kommt, dass bei den untersuchten Orchestermusikern die veränderte Okklusion für eine nicht-physiologische Kondylenposition sorgt,

sodass ein starkes Pressen und Knirschen nicht nur zu Muskelverspannungen und Ab-  
rasion der Kauflächen führt, sondern eben auch das Kiefergelenk in hohem Maße be-  
lastet wird. Stress verursacht außerdem häufig eine unnatürliche Körperhaltung. Schul-  
tern werden hochgezogen, der Oberkörper wird nach vorne gekrümmt, der Kopf wird  
hängen gelassen. Dadurch ist auch keine freie, entspannte Atmung möglich. All dies  
führt die Belastungen fort, denen der Musiker in seiner täglichen Berufsausübung oh-  
nehin ausgesetzt ist.

Anhand der durchgeführten Rechts-Links-Vergleiche wurde offensichtlich, dass es in  
keiner der drei Probandengruppen einen signifikanten Unterschied zwischen rechtem  
und linkem Kiefergelenk gibt. Diese Feststellung ist erstaunlich in Anbetracht der doch  
sehr asymmetrischen Körperhaltung und Bewegung, die sich beim Spielen der meisten  
Musikinstrumente darstellt. Besonders bei den „hohen Streichern“ ist wie bereits be-  
schrieben eine extrem asymmetrische Haltung des Kopfes und des Oberkörpers er-  
sichtlich. Der Kopf wird nach links geneigt, um das Instrument mithilfe von Kinn- und  
Schulterstütze zwischen Kinn und Schulter zu fixieren. Eine in unterschiedlichem Maße  
ausgeprägte Belastung der Kiefergelenke auf beiden Seiten läge nahe, da beim Spielen  
eines solchen Streichinstrumentes permanent vertikaler und auch lateraler Druck nach  
rechts auf den linken Unterkieferast ausgeübt wird. Aber auch die im Orchester bei  
allen Musikern häufig notwendige gedrehte Körperhaltung, um den Sitznachbarn in  
seinen Bewegungen nicht zu behindern und den besten Blick auf das Notenblatt zu  
bekommen, könnte die Kiefergelenke der Musiker asymmetrisch beeinflussen. Die  
Beobachtungen bestätigen, was auch unter anderem Kok et al. feststellen [20]: Es  
scheint tendenziell keinen signifikanten Unterschied zwischen der rechten und linken  
Körperseite zu geben hinsichtlich der durch Musizieren bedingten Beschwerden.

Dass keine asymmetrische Positionsveränderung der Kondylen nachzuweisen war,  
könnte für eine effektive muskuläre Kompensation sprechen, die unbewusst und au-  
tomatisch stattfindet, um ungünstige asymmetrische Verhältnisse zu verhindern. Viel-  
leicht sind die stattfindenden Kräfte, die während des Musizierens auf die Kiefergelen-  
ke wirken, tatsächlich wie angenommen stark asymmetrisch, erwirken aber keine lang-  
fristigen asymmetrischen Veränderungen der Kondylenposition in Ruhe. Vielleicht wä-  
re bezüglich einer histologischen Veränderung der am Kiefergelenk beteiligten Gewebe

eine Asymmetrie festzustellen. Gegebenenfalls wäre eine solche Veränderung auch erst im höheren Alter der Musiker festzustellen. Weitere Studien bezüglich der Asymmetrie, zum Beispiel auch in Hinsicht auf die Beweglichkeit der Gelenke, erscheinen notwendig und sinnvoll.

Weiterhin zeigte die Literaturrecherche, dass es offensichtlich kein Instrument gibt, dessen Spiel ganz besonders häufig zu Beschwerden im muskuloskelettalen und kranio-omandibulären System führt, obwohl immer wieder bestimmte Musiker wie Geiger, Bratscher, Holz- und Blechbläser zur hervorstechenden Risikogruppe gezählt werden [20, 47, 48]. Trotzdem ist die Beobachtung, dass sich auch die Position der Kiefergelenke von Streichern und Bläsern nicht unterscheidet, erstaunlich. Aufgrund der doch sehr unterschiedlichen Körperhaltung und Bewegungsart wären Unterschiede in den Auswirkungen auf die Kiefergelenke der verschiedenen Musikergruppen nachvollziehbar gewesen. Das Kiefergelenk scheint jedoch auf unterschiedliche mechanische Reize gar nicht so unterschiedlich zu reagieren, wie schon die nicht festzustellende Asymmetrie andeutete. Ob Druck nach dorsal oder Kompression nach kranial oder zur einen wie zur anderen Seite – das Gelenk scheint zwar mit einer Positionsänderung des Kondylus zu reagieren, jedoch jeweils auf eine ähnliche Art und Weise.

## **5.4 Material- und Methodenkritik**

### **5.4.1 Probandenkollektiv**

Das Probandenkollektiv der vorliegenden Arbeit bestand aus 32 Mitgliedern des hr-Sinfonieorchesters. Es wurden bewusst Berufsmusiker und auch Mitglieder aus ein und demselben Orchester ausgewählt. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass die Probanden ähnlichen äußeren Bedingungen ausgesetzt sind und der zeitliche Umfang des Musizierens auf möglichst gleichem Level ist. Wären Laienmusiker für die Studie untersucht worden, wäre der Einfluss der sonstigen Lebensumstände sicherlich größer gewesen und die Aussagekraft der erhobenen Daten wäre dadurch gemindert worden. Dennoch ist natürlich auch bei der sorgfältig ausgewählten Probandenkohorte nicht auszuschließen, dass neben dem Musizieren auch andere Faktoren Körperhaltung und kranio-omandibuläres System der Musiker beeinflussen. Auch wenn der zeitliche Umfang

der Berufsausübung es sehr wahrscheinlich macht, dass die festgestellten Veränderungen im Bereich der Kiefergelenke auf das langjährige und intensive Spielen eines Musikinstrumentes zurückzuführen ist, können anderweitige äußere Einflüsse wie der allgemeine Gesundheitszustand, ausgeübter Sport oder sonstige Gewohnheiten ebenfalls Auswirkungen auf das CMS haben.

Weitere Faktoren, die von Bedeutung sein könnten, sind das Alter sowie das Geschlecht der Probanden. Im Durchschnitt waren die Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung 41,9 Jahre alt, davon waren 13 Probanden weiblich und 19 männlich. Mit zunehmendem Alter ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Kiefergelenk arthrotisch verändert ist, sicherlich größer als noch in jungen Jahren. Zudem sind Frauen statistisch gesehen häufiger von CMD betroffen als Männer [44].

Die Musiker wurden in eine Gruppe von Streichern und eine Gruppe von Bläsern unterteilt, wobei zu den Streichern alle Geiger und Bratscher zählten und zur Gruppe der Bläser alle restlichen Orchestermitglieder. Hier könnte besonders an der inhomogenen Zusammensetzung der Bläser-Gruppe Kritik geübt werden. Denn selbstverständlich macht es einen großen Unterschied, ob jemand eine Tuba spielt oder einen Kontrabass. Ideal wäre es gewesen, wenn für die Gruppe der Bläser tatsächlich nur Bläser herangezogen worden wären, die sich in ihrer Körperhaltung und ihrem Instrumentenspiel stark ähneln. Leider war dies aufgrund der begrenzten Anzahl der teilnehmenden Musiker nicht möglich. Da sich Geiger und Bratscher in ihrer Körperhaltung beim Spielen des Instrumentes sehr stark ähneln, sind die Aussagen, die man über diese Gruppe treffen könnte, sicherlich bedeutsamer. Da im Nachhinein aber ohnehin kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Musikergruppen festgestellt werden konnte, scheint dieser Kritikpunkt nicht ganz so schwer zu wiegen.

Insgesamt wäre es für die Aussagekraft der statistischen Auswertung von Vorteil gewesen, eine größere Anzahl Probanden zu untersuchen. Da diese Studie als Pilotstudie angesehen werden kann, sind weitere Untersuchungen in größerem Umfang, vielleicht in Zusammenarbeit mit anderen Orchestern und Berufsmusikern, wünschenswert.

Als Kontrollgruppe wurden die im Rahmen der Dissertationsarbeit mit dem Thema „CMD bei Kindern und Jugendlichen“ von Prof. Stefan Kopp untersuchten Probanden im Alter von 6 bis 19 Jahren hinzugezogen, alles gesunde und subjektiv beschwerdefreie Patienten. Auf den ersten Blick erscheint es vielleicht nicht richtig, erwachsene

Berufsmusiker mit Kindern und Jugendlichen zu vergleichen. Genauer betrachtet ist die Wahl dieser Kontrollgruppe aber geradezu ideal. Bei jungen Menschen sind äußere Einflüsse noch relativ identisch. Die meisten besuchen eine Schule, nehmen am Schulsport teil und sind allgemein noch gesund. Unterschiedliche Berufe und Lebensgewohnheiten, welche bei Erwachsenen einen großen Einfluss nehmen, fallen weg. Trotzdem leiden schon erschreckend viele junge Patienten an kranio-mandibulären Dysfunktionen, auch wenn diese zum großen Teil noch nicht bemerkt wurden, weil Adaptation und Kompensation noch ausreichend funktionieren. Eine ähnlich homogene Kontrollgruppe aus Erwachsenen zusammenzustellen wäre sehr schwierig gewesen.

#### **5.4.2 Modellherstellung**

Bei der Herstellung der Kiefermodelle, deren Montage im Artikulator und deren dreidimensionaler Zuordnung in Okklusion kann es bei den vielen notwendigen technikkintensiven Arbeitsschritten zu mehreren Fehlern sowohl in der Handhabung als auch im Bereich der Dimensionstreuung der verwendeten Materialien kommen. Diese Fehler bleiben meist unbemerkt und beeinflussen die Messergebnisse. Der wichtigste Schritt zur anschließenden Herstellung von Gipsmodellen, welche die Gebisse der Probanden naturgetreu nachstellen sollen, ist die Abdrucknahme. Es wurden konfektionierte Abdrucklöffel verwendet und als Abdruckmaterial hochwertiges Alginat. Dieses hat den Vorteil, dass es kostengünstig ist und im Mund schnell aushärtet sowie einfach in der Handhabung ist. Die Belastung für den Probanden ist dadurch so gering wie möglich. Moderne Alginate weisen zudem eine hohe Dimensionsgenauigkeit aus und können sogar über einen längeren Zeitraum aufbewahrt werden, bevor sie mit Gips ausgegossen werden. Dennoch gibt es Materialien wie zum Beispiel Impregum, ein Polyether, was häufig zum sehr genauen Abformen von präparierten Zähnen zur Kronenherstellung verwendet wird oder auch unterschiedliche Silikone, welche eine noch genauere Reproduktion der Kieferform ermöglicht hätten. Diese Materialien sind sehr fest, weisen eine hohe Dimensionsgenauigkeit auf und sind über einen längeren Zeitraum lagerbar sowie mehrfach auszugießen. Gegen die Verwendung dieser Materialien sprach vor allem die notwendige einzuhaltende Dauer von mindestens fünf Minuten, welche zum Aushärten im Mund des Probanden notwendig gewesen wäre. Da eine Abdrucknahme ohnehin eine Belastung darstellt, viele empfinden zum Beispiel einen Würge-

reiz durch die eingebrachten Löffel und das Abformungsmaterial, war dies den freiwillig teilnehmenden Musikern nicht zuzumuten. Zudem wäre die Gefahr zu groß gewesen, dass bei der oft recht kraftvollen Entnahme der Abdrücke Zähne oder Zahnersatz geschädigt worden wären. Trotz der kurzen Verweildauer des Alginates im Mund der Probanden war es häufig nötig, sich an Befindlichkeiten der Probanden anzupassen oder eine ideale Positionierung des Abdruckes im Mund war nicht möglich. Diese Faktoren beeinflussten ebenfalls die Qualität des Abdruckes und schließlich die Wiedergabe im Gipsmodell.

Zum Ausgießen der Abdrücke wurde Superhartgips verwendet, welcher auch zur Herstellung von kieferorthopädischen oder prothetischen Arbeiten Verwendung findet. Wie jeder Gips unterliegt auch dieser während seiner Aushärtung Dimensionsänderungen, auch wenn diese durch die hohe Qualität des Gipses sowie eine korrekte Anmischung und Ausgießtechnik minimiert wurden.

Zur schädelbezüglichen Montage der Kiefer wurde den Probanden jeweils ein Gesichtsbogen angelegt. Dieser ermöglicht eine arbiträre Scharnierachsenbestimmung und damit eine gelenkbezügliche Montage des Oberkiefermodells. Wie der Begriff schon andeutet ist diese nur arbiträr, also nur annähernd. Zur genaueren Bestimmung wären bildgebende Verfahren notwendig. Auch hier ist also keine hundertprozentige Übertragung der anatomischen Realität möglich.

Bei der Montage der Modelle in den Artikulator wird wiederum Gips verwendet, Expansion, Mischverhältnis und Handhabung haben auch hier wieder einen Einfluss auf die Genauigkeit.

In jedem der geschilderten Arbeitsschritte kann es also durch Material, Proband oder Behandler zu Ungenauigkeiten kommen, die schlussendlich auch die Messergebnisse in unterschiedlichem Umfang beeinflussen können.

### **5.4.3 Kondylenpositionsanalyse**

Auch im bereits eingehend geschilderten Ablauf der Kondylenpositionsanalyse kann es zu mehreren kleinen Fehlern kommen, sodass die Analyse immer nur annähernd die tatsächliche Situation des jeweiligen Probanden widerspiegelt. Zur Bestimmung der Ausgangslage der Kondylen in Zentrik wird ein Zentrikblock hinzugezogen. Die Dimension dieses Blockes wurde anhand von Erfahrungswerten und mithilfe von wichtigen

zusammengetragenen Erkenntnissen hinsichtlich der idealen physiologischen Kondylenposition festgelegt. Die Zentrik ist ein hypothetischer Zustand, dessen Festlegung immer auch durch einen gewissen Interpretationsfreiraum zustandekommt. Daher muss immer klar sein, dass mit Vorsicht von „der Zentrik“ gesprochen wird und dass die ideale Position der Kondylen immer nur einer Annahme unterliegt, wenn auch zum aktuellen wissenschaftlichen Stand sicherlich einer recht genauen. Um die Position der Kondylen in Okklusion darzustellen, wird der Zentrikblock entfernt und die Kiefermodelle in maximalem Zahnkontakt aufeinander gesetzt. Es wird hierbei davon ausgegangen, dass es sich bei diesem maximalen Zahnkontakt um die habituelle Okklusion des Probanden handelt. Tatsächlich entspricht die habituelle Okklusion in den allermeisten Fällen dem maximalen Zahnkontakt, weil beim gewohnheitsmäßigen Zusammenbeißen immer nach einer stabilen Position gesucht wird. Und die größte Stabilität kommt eben durch eine maximale Abstützung der Zähne zustande. Sicherlich gibt es aber auch Fälle, in denen sich die Situation anders darstellt. Also ist auch hier die Übertragung der Realität nur arbiträr und nicht absolut gesichert.

Im weiteren Verlauf kann es bei der Markierung der Kondylenpositionen mithilfe von dünnen Mienenstiften und auch bei der anschließenden Abmessung der Abstände der markierten Punkte durch ungenaues Zeichnen und Messfehler zu Ungenauigkeiten gekommen sein.

Trotz der geschilderten Fehlerquellen ist anzunehmen, dass die Verfälschung der Ergebnisse nur sehr gering ist und dass die gewünschten Tendenzen mit den gewählten Mitteln sehr wohl darzustellen sind.

#### **5.4.4 Statistik**

Bei der statistischen Auswertung zeigten sich teilweise recht hohe Werte für die Standardabweichungen. Die Standardabweichung steht für die mittlere Abweichung der Werte vom Durchschnittswert. Ist der Wert hoch, spricht dies dafür, dass es innerhalb der jeweiligen Gruppe für den bestimmten Parameter recht große interindividuelle Unterschiede gibt. Auch Messfehler können dafür verantwortlich sein. Der Mittelwert verliert bei einer hohen Standardabweichung an Aussagekraft, denn er stellt durch die Mittelung der weit auseinander liegenden Werte ein etwas verschwommenes Bild dar. Dennoch wurde er zur besseren Veranschaulichung und Darstellung errechnet.



Auffällig war, dass bei beiden Musikergruppen, sowohl bei Gruppe 1 der Streicher als auch bei Gruppe 2 der Bläser, die Standardabweichung in den meisten Fällen höhere Werte annahm als bei der Kontrollgruppe der Nicht-Musiker.

Parameter Rs wies in Gruppe 1 eine SD von 1,88, bei Gruppe 2 von 1,72 und bei Gruppe 3 nur von 1,15 auf. Für Parameter Ls stellte sich ein ähnliches Bild dar. Bei beiden Musikergruppen war die SD höher als bei den Nicht-Musikern, nämlich bei den Streichern 2,27, bei den Bläsern 2,45 und bei der Kontrollgruppe 1,61. Bei Rh lag die SD bei Gruppe 1 bei 1,96, bei Gruppe 2 bei 1,46 und bei Gruppe 3 nur bei 0,97. Links bot sich für Lh die gleiche Situation. Bei Gruppe 1 war eine SD von 2,85, bei Gruppe 2 von 1,62 und bei Gruppe 3 von 1,05 zu verzeichnen.

Einzig bei Parameter Tl lag die SD bei allen drei Gruppen ungefähr bei 1. Bei Tv zeigte sich bei den Streichern sogar eine SD von 4,19, während sie mit 1,95 bei den Bläsern vergleichsweise recht gering ausfiel und bei der Kontrollgruppe bei 2,02 lag. Die starke Streuung der Werte in Gruppe 1 zeigte sich auch durch einen weit vom Mittelwert entfernten Maximalwert. Das heißt, im Mittel fand zwar eine Bissenkung statt, es gab aber auch Streicher, bei denen das Gegenteil, nämlich eine Bisserrhöhung erfolgte. Jedoch erscheint eine Bisserrhöhung um 7 mm sehr unwahrscheinlich, sodass es sich bei diesem Wert auch um einen einzelnen Messfehler handeln kann. Der Mittelwert, also die tendenzielle Aussage, wird dadurch jedenfalls nur marginal beeinflusst, eine Vernachlässigung dieses exzentrischen Wertes ist somit angebracht.

Bei Tl war ein auffällig negativer, stark vom Mittelwert abweichender Wert in der Gruppe der Nicht-Musiker zu verzeichnen. Bei einer kleinen Zahl von Nicht-Musikern scheint es demnach eine ausgeprägte Rechts-Translation zu geben. Man kann dies auf folgende Weise deuten: Da die Standardabweichung dennoch recht gering ausfällt, kann man davon ausgehen, dass dieser auffällig niedrige Wert nur bei sehr wenigen Probanden vorzufinden ist. Dies kann auf einen Messfehler zurückzuführen sein. Andernfalls ist auch bei einer augenscheinlich gesunden Gruppe nicht auszuschließen, dass bisher unentdeckte und symptomlose Probleme im CMS vorliegen. Diese Einzelfälle sollen jedoch nicht für das Gesamtbild der ganzen Gruppe stehen.

## 5.5 Schlussfolgerung und Ausblick

Die dokumentierten Ergebnisse zeigen, dass alle im Rahmen der vorliegenden Studie untersuchten Musiker an einer behandlungspflichtigen Kompression der Kiefergelenke leiden.

Die Zusammensetzung der Probandengruppen lässt die Schlussfolgerung zu, dass dies tatsächlich im Zusammenhang mit dem langjährigen Instrumentenspiel steht. Die für die vorliegende Arbeit erhobenen Daten sowie vor allem die erstellten Modelle, auch deren digitalisierte Form, sollten im Weiteren näher ausgewertet und untersucht werden. Eine genaue Modellanalyse aus gnathologischer Sicht könnte Aufschlüsse über dento-okklusogen bedingte Funktionsstörungen und Fehlstellungen geben. Eine Lokalisierung der Abrasionen auf den Kauflächen könnte weitere Hinweise auf die Ursache der veränderten Kondylenposition geben.

Es sollten weitere Orchester für dieselben Untersuchungen und Datenerhebungen hinzugezogen werden, um die Anzahl der Probanden für eine höhere Aussagekraft der Statistik zu erweitern.

Weiterhin erscheint es sinnvoll, Musiker bereits vom Kindesalter an über mehrere Jahre hinweg immer wieder zu untersuchen, um den Einfluss des Instrumentenspiels schon während des Wachstums zu ermitteln.

Zudem wäre es interessant, herauszufinden, ob die asymmetrischen Belastungen tatsächlich keine asymmetrischen Auswirkungen haben oder wie es dazu kommt, dass der Körper eine solche Belastung kompensiert.

Auch der häufig vernachlässigte Ansatz hinsichtlich der psychischen Belastung von Berufsmusikern sollte in Zukunft weiter verfolgt werden. Speziell angefertigte Aufbisschienen könnten die Folgen von Parafunktionen wie Bruxismus mindern. Psychologische Betreuung der Musiker sowie mentales Training wie von Hatfield beschrieben [16] könnten Stressbewältigung durch Bruxismus primär verhindern oder abschwächen.

Außerdem von Bedeutung könnte das Untersuchen der idealen Sitzposition für Musiker sein. Für das Arbeiten am Schreibtisch gibt es bereits vielfach spezielle ergonomische Sitzgelegenheiten. Durch einen auf den jeweiligen Musiker und sein Instrument abgestimmten Stuhl oder eine anatomische Unterlage könnten die negativen Aspekte

des zusätzlich zur ohnehin schon belastenden Körperhaltung wirkenden Sitzens abgemindert werden.

Insgesamt ist anzustreben, dass die körperliche Gesundheit von Berufsmusikern zunehmend in den Fokus von Medizinerinnen und Musiklehrern rückt. Schon beim Erlernen des Spielens eines Musikinstrumentes sollte verstärkt auf eine möglichst schonende Körperhaltung geachtet werden. Ausgleichende Sportarten zur Stärkung der vernachlässigten und zur Entspannung der belasteten Muskulatur sollten schon früh zum Einsatz kommen.

Wie im Profisport muss anerkannt werden, dass auch Berufsmusiker in hohem Maße von einem einwandfrei funktionierenden Bewegungsapparat abhängig sind und dass das gesamte muskuloskeletale System nur im Zusammenhang mit einem gesunden kranio-mandibulären System seine volle Funktion ausüben kann.

## 6 Zusammenfassung

Berufsmusiker haben durch spezifische körperliche und psychische Belastung ein erhöhtes Risiko im Laufe ihres Lebens an einer CMD zu erkranken [10, 44, 47, 48].

Mehrere Stunden täglich nehmen vor allem Orchestermusiker eine sitzende Zwangshaltung ein und führen immer wieder die gleichen, einseitigen Bewegungsmuster durch. Leistungsdruck und Lampenfieber können zusätzlich zu Muskelverspannungen und Bruxismus führen. Beides hat direkte oder indirekte Auswirkungen auf das CMS. Einseitige sitzende Körperhaltung und Bewegung belasten den ganzen Bewegungsapparat. Bläser und Streicher üben zusätzlich Druck auf Zähne und Kiefer aus, indem sie beim Halten und Spielen ihres Instrumentes direkten Kontakt zum CMS herstellen [43, 44]. Unbewusstes Pressen und Knirschen mit den Zähnen belastet Kiefer und Kiefergelenk in hohem Maße [42].

Leider gibt es bisher nur wenig aussagekräftige Literatur, in der der eindeutige Zusammenhang zwischen dem Spielen eines Musikinstrumentes und der Entstehung einer CMD belegt wird [47]. Um Prävention betreiben zu können und um bestehende Beschwerden behandeln zu können, ist es dringend notwendig, das Thema „Musiker und CMD“ eingehender zu untersuchen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden 32 Musiker des hr-Sinfonieorchesters befragt und untersucht. Die Musiker wurden zum Vergleich in zwei Gruppen eingeteilt. Gruppe 1 bestand aus hohen Streichern wie Geigern und Bratschern. Gruppe 2 bestand aus Bläsern und allen anderen möglichen Musikern des Orchesters. Es wurden mittels Abdrucknahme Modelle von Ober- und Unterkiefer hergestellt. Durch dreidimensionale Zuordnung der Kiefer in angenommener Zentrik und im Vergleich dazu in maximaler Interkuspitation wurde eine Kondylenpositionsanalyse durchgeführt. Die gesamte Gruppe der Musiker wurde mit einer Gruppe bestehend aus 48 gesunden jungen Nicht-Musikern im Alter zwischen 16 und 19 Jahren verglichen. Die Messdaten dieser Kontrollgruppe stammten aus der Habilitationsschrift „CMD bei Kindern und Jugendlichen“ (2004; Kopp, S.) [21].

Es konnte festgestellt werden, dass die Position der Kondylen in den Kiefergelenken aller Musiker im Vergleich zur zentrischen Position verändert war, während dies bei der Kontrollgruppe nicht oder nur in geringem Umfang der Fall war. Die veränderte

Position des Unterkiefers und seiner Gelenkenden stand im Zusammenhang mit einer veränderten Okklusion.

Daraus kann geschlossen werden, dass das langjährige, intensive Spielen eines Musikinstrumentes Auswirkungen auf Form und Stellung der Zähne sowie die Position der Kondylen im Kiefergelenk hat.

Die Veränderung fand auf der rechten und linken Seite in gleichem Maße statt. Eine Asymmetrie war also nicht festzustellen. Zudem stellte sich heraus, dass sich die Positionsänderung der Kondylen bei beiden Musikergruppen ähnlich darstellte. Angesichts der sehr unterschiedlichen, teils asymmetrischen Körperhaltungen ist dies erstaunlich. Im Schnitt fand bei allen Musikern eine Verlagerung der Kondylen nach kranial und dorsal statt.

Anhand der Ergebnisse kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass das intensive Spielen eines Musikinstrumentes das kranio-mandibuläre System in hohem Maße belastet und zu langfristigen Veränderungen der beteiligten Strukturen führt. Die genaue Untersuchung der Ursachen sowie eine mögliche Beeinflussung des Wachstums von Musikern schon in jungem Alter als Grundlage für eine spätere CMD-Erkrankung sollten Gegenstand weiterer Studien sein.

## 7 Summary

Due to their specific physical and mental imposition, professional musicians are predisposed for the development of CMD [10, 44, 47, 48]. Especially musicians playing in an orchestra have to remain in a sitting position while repeating the same unilateral movements time and again. A high pressure to perform and stage fright may lead to unphysiological tension of the muscles and bruxism in addition. Both factors have direct or indirect impact on the CMS. Unilateral sitting position and movement strain the whole musculoskeletal system. Brass-, woodwind- and high stringplayers additionally put strong pressure on teeth and jaw by fixing and playing their instrument in direct contact with the CMS [43, 44]. Unconscious jaw clenching and bruxism highly stresses jaw and mandibular joint [42].

Unfortunately until now there exists less significant literature confirming the correlation of playing an instrument and origin of CMD [47]. For the prevention and treatment of CMD experienced by professional musicians further research is absolutely necessary.

For this study 32 members of the hr-symphony orchestra were questioned and examined. The musicians were divided into two groups for being able to compare the impact of different instrument types. Group 1 consisted of high string players like viola- and violin-players. Group 2 consisted of brass- and woodwind-players and all remaining types of instrumentalists of this orchestra.

Plaster models of upper and lower jaw were created after taking a dental imprint. An analysis of condyle position was executed after three-dimensional positioning of the jaw models in centric and habitual occlusion.

The whole group of musicians was compared to a group of 48 young and healthy non-musicians in the age between 16 and 19. The measured data of the control group were taken from the professorial dissertation „CMD experienced by children and youngsters“ (2004; Kopp, S.).

It could be stated that the position of the musicians' condyles was altered from the ideal centric position, whereas this could not be observed in the control group or at least not in that extent. The changed position of the mandible and its condyles was caused by an altered occlusion. This leads to the conclusion that playing an instrument

intensively over many years may have an impact on shape and position of the teeth and the position of the condyles in the temporomandibular joint.

tion. The alteration was found in the right joint as well as in the left joint. Therefore, an asymmetry could not be stated.

This is astonishing in the face of the different and mostly asymmetric positions of the musicians' bodies while playing their instruments.

The average result showed a movement of the condyles of all musicians in a cranial and dorsal direction.

It can be concluded that playing an instrument intensely, highly stresses the craniomandibular system and leads to long-term alteration of all involved structures. It should be purpose of future examinations to clearly identify the reasons of CMD experienced by professional musicians. The aim should also be to find out how the growth pattern in the early youth is influenced by practicing playing an instrument and in which extent this influences the development of CMD in adolescent musicians.

## 8 Literaturverzeichnis

- 1 Abdallah E, Mehta F, Noshir R, Albert G, Clark, Ernest R. Affecting upper extremity strength by changing maxillo-mandibular vertical dimension in deep bite subjects. *Cranio the journal of craniomandibular practice* 2004;22(4):268–275.
- 2 Agerberg G, Carlsson, G E. Symptoms of functional disturbances of the masticatory system. A comparison of frequencies in a population sample and in a group of patients. *Acta odontologica Scandinavica* 1975;33(4):183–190.
- 3 Al-Abbasi H, Mehta N R, Forgione A G, Clark R E. The effect of vertical dimension and mandibular position on isometric strength of the cervical flexors. *Cranio the journal of craniomandibular practice* 1999;17(2):85–92.
- 4 Baldini A, Beraldi A, Nota A, Danelon F, Ballanti F, Longoni S. Gnathological postural treatment in a professional basketball player: a case report and an overview of the role of dental occlusion on performance. *Annali di stomatologia* 2012;3(2):51–58.
- 5 Baldini A, Nota A, Tripodi D, Longoni S, Cozza P. Evaluation of the correlation between dental occlusion and posture using a force platform. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)* 2013;68(1):45–49.
- 6 Beek M, Aarnts MP, Koolstra JH, et al. Dynamic Properties of the Human Temporomandibular Joint Disc // Dynamic properties of the human temporomandibular joint disc. *Journal of Dental Research* 2001;80(3):876–880.
- 7 Boisserée W, Schupp W, Annunziato N. *Kraniomandibuläres und muskuloskelettales System: Funktionelle Konzepte in der Zahnmedizin, Kieferorthopädie und Manualmedizin*. Berlin: Quintessenz Verl. 2012.
- 8 Brattström V, Odenrick L, Kvam E. Dentofacial morphology in children playing musical wind instruments: a longitudinal study. *European Journal of Orthodontics* 1989;11(2):85–179.
- 9 Bumann A, Lotzmann U. *Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien*. Stuttgart, New York: Thieme 2000.
- 10 de Queiroz, José Renato Calvalcanti, Mollica FB, Benetti P, et al. Degree of chronic orofacial pain associated to the practice of musical instruments in orchestra's participants. *Indian Journal of Dental Research* 2014(25):28–31.



- 11 Egermark-Eriksson I, Carlsson GE, Magnusson T, et al. A longitudinal study on malocclusion in relation to signs and symptoms of cranio-mandibular disorders in children and adolescents. *European Journal of Orthodontics* 1990;12(4):399–407.
- 12 Fukushima S. A controversy with respect to occlusion. *The Japanese dental science review* 2016;52(3):49–53.
- 13 Ganugapanta VR, Ponnada SR, Gaddam KPR, et al. Computed Tomographic Evaluation of Condylar Symmetry and Condyle-Fossa Relationship of the Temporomandibular Joint in Subjects with Normal Occlusion and Malocclusion: A Comparative Study. *Journal of clinical and diagnostic research JCDR* 2017;11(2):ZC29-ZC33.
- 14 Gasenzer ER, Klumpp M, Pieper D, et al. The prevalence of chronic pain in orchestra musicians. *German medical science GMS e-journal* 2017;15:Doc01.
- 15 Gray RJ, Davies SJ, Quayle AA. A clinical approach to temporomandibular disorders. 1. Classification and functional anatomy. *British dental journal* 1994;176(11):429–435.
- 16 Hatfield JL. Performing at the Top of One's Musical Game. *Frontiers in psychology* 2016;7:1356.
- 17 Heikkilä J, Hamber L, Meurman J. Temporomandibular disorders: Symptoms and facial pain in orchestra musicians in Finland. *Music Med* 2012(4):171–178.
- 18 Henderson SE, Lowe JR, Tudares MA, et al. Temporomandibular joint fibrocartilage degeneration from unilateral dental splints. *Archives of oral biology* 2015;60(1):1–11.
- 19 Jang JY, Kwon JS, Lee DH, et al. Clinical Signs and Subjective Symptoms of Temporomandibular Disorders in Instrumentalists. *Yonsei medical journal* 2016;57(6):1500–1507.
- 20 Kok LM, Huisstede BMA, Voorn VMA, et al. The occurrence of musculoskeletal complaints among professional musicians: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health* 2015.
- 21 Kopp S. CMD bei Kindern und Jugendlichen: Okklusale und funktionelle Befunde im kraniomandibulären System bei Kindern und Jugendlichen. Habilitation. Jena 2004.
- 22 Kopp S, Sebald WG, Plato G. Kraniomandibuläre Dysfunktion: Eine Standortbestimmung. *Manuelle Medizin* 2000;38:335–341.

- 23 Kovero O, Könönen M, Pirinen S. The effect of professional violin and viola playing on the bony facial structures. *European Journal of Orthodontics* 1997;19:39–45.
- 24 Leder S (2010). Zentrik? Nein danke! ZMK, 11 October 2010. Available at: [http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/allgemeine-zahnheilkunde/story/zentrik-nein-danke\\_\\_325.html](http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/allgemeine-zahnheilkunde/story/zentrik-nein-danke__325.html).
- 25 Lehmann KM, Hellwig E, Lehmann-Hellwig. *Zahnärztliche Propädeutik*, 10th edn. München: Elsevier Urban & Fischer 2005.
- 26 Lotzmann U. Die Prinzipien der Okklusion: Eine Einf. in d. gnatholog. Arbeiten f. Zahntechniker. München: Verl. Neuer Merkur 1981.
- 27 Matuska AM, Muller S, Dolwick MF, et al. Biomechanical and biochemical outcomes of porcine temporomandibular joint disc deformation. *Archives of oral biology* 2016;64:72–79.
- 28 Mc Namara JA, Seligmann DA, Okeson JP. Okklusion und temporomandibuläre Störungen. Eine Literaturübersicht. *Phillip J.* 1995;12:343–348.
- 29 Moll K, Moll M. *Anatomie: Kurzlehrbuch zum Gegenstandskatalog ; [neuer GK, GK 1]*, 17th edn. München: Urban & Fischer 2003.
- 30 Nishiyama A, Tsuchida E. Relationship Between Wind Instrument Playing Habits and Symptoms of Temporomandibular Disorders in Non-Professional Musicians. *The open dentistry journal* 2016;10:411–416.
- 31 Ohlendorf D, Himmelreich M, Mickel C, et al. Zeigt eine temporäre Beinlangendifferenz Auswirkungen auf die Oberkörperstatik und die Lage des Unterkiefers bei Leistungssportlern? *Sportverletzung Sportschaden Organ der Gesellschaft für Orthopaedisch-Traumatologische Sportmedizin* 2015;29(3):157–163.
- 32 Ohlendorf D, Kopp S, Riegel M. Zahnschiene- Wirken sich Veränderungen der Unterkieferlage auf sportmotorische Tests aus. *medicalsports network* 2011;5:44–49.
- 33 Ohlendorf D, Lehmann C, Heil D, et al. The impact of a total hip replacement on jaw position, upper body posture and body sway. *Cranio the journal of craniomandibular practice* 2015;33(2):107–114.
- 34 Ohlendorf D, Riegel M, Lin Chung T, et al. The significance of lower jaw position in relation to postural stability. Comparison of a premanufactured occlusal splint with the Dental Power Splint. *Minerva stomatologica* 2013;62(11-12):409–417.

- 35 Ohlendorf D, Seebach K, Hoerzer S, et al. The effects of a temporarily manipulated dental occlusion on the position of the spine: a comparison during standing and walking. *The spine journal official journal of the North American Spine Society* 2014;14(10):2384–2391.
- 36 Perinetti G, Turp JC, Primožic J, et al. Associations between the masticatory system and muscle activity of other body districts. A meta-analysis of surface electromyography studies. *Journal of electromyography and kinesiology official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology* 2011;21(6):877–884.
- 37 Rieder CE. Possible premature degenerative temporomandibular joint disease in violinists. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1976;35:662–664.
- 38 Rocabado M, Johnston BE, JR, Blakney MG. Physical therapy and dentistry: an overview. *The Journal of cranio-mandibular practice* 1982;1(1):46–49.
- 39 Schopf P, ed. *Curriculum Kieferorthopädie*, 3rd edn.: Quintessenz Verlags-GmbH 2000.
- 40 Schunke S. Das biomechanische Prinzip nach Zahntechnikermeister M. H. Polz: In memoriam Michael Heinz Polz. *Quintessenz Zahntech* 2010;36(1).
- 41 Slavicek R. Relationship between occlusion and temporomandibular disorders: implications for the gnathologist. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 2011;139(1):10, 12, 14 passim.
- 42 Slavicek R, Sato S. Bruxismus als Stressbewältigungsfunktion des Kauorgans. *Wiener medizinische Wochenschrift (1946)* 2004;154(23-24):584–589.
- 43 Steinmetz A, Ridder PH, Methfessel G, et al. Professional musicians with craniomandibular dysfunktions treated with oral splints. *Cranio*. 2009;27(4):21–30.
- 44 Steinmetz A, Zeh A, Delank KS, et al. Symptoms of craniomandibular dysfunction in professional orchestra musicians. *Occupational medicine (Oxford, England)* 2013;64(1):17–22.
- 45 Szczygiel E, Zielonka K, Metel S, et al. Musculo-skeletal and pulmonary effects of sitting position - a systematic review. *Annals of agricultural and environmental medicine AAEM* 2017;24(1):8–12.

- 46 Tanaka E., Tanaka M., Miyawaki Y., Tanne K. Viscoelastic properties of canine temporomandibular joint disc in compressive load-relaxation. *Arch Oral Biol.* 1999 Dec;44(12):1021-6 1999;44(12).
- 47 van Selms M, Attalah M, Visscher C, et al. Does playing a musical instrument impose risk for temporomandibular disorders? A review of literature. *Zeitschrift für Krianiomandibuläre Funktion* 2015(7(4)):293–314.
- 48 Yeo DK, Pham TB, Baker J, et al. Specific orofacial problems experienced by musicians. *Australian Dental Journal* 2002;47(1):2–11.

## 9 Anhang

### 9.1 Einwilligungserklärung

#### Korrelation zwischen Körperhaltung und Kausystem bei Berufsgeignern und -bratschern

### Einwilligungserklärung

.....  
Name des Probanden in Druckbuchstaben

geb. am .....

Teilnehmer-Nr. ....

Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch den Prüfarzt ausführlich und verständlich über die Durchführung der Untersuchung sowie über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Probandeninformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte die Gelegenheit, mit dem Prüfarzt oder dem Untersucher über die Durchführung der Studie zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufrieden stellend beantwortet.

Möglichkeit zur Dokumentation zusätzlicher Fragen seitens des Probanden oder sonstiger Aspekte des Aufklärungsgesprächs:

---

---

---

---

---

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

## Datenschutz:

Mir ist bekannt, dass bei dieser Studie personenbezogene Daten erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der Untersuchung folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der Studie teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie personenbezogene Daten über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern in der Poliklinik für Kieferorthopädie, ZZMK Carolinum der J.W.G. Universität Frankfurt, Theodor-Stern-Kai 7 in 60596 Frankfurt aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (verschlüsselt) weitergegeben werden:
  - a) an das Institut für Biostatistik, Klinikum der J.W.G. Universität Frankfurt, eine beauftragte Stelle zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung.
2. Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der Studie beenden kann. Beim Widerruf meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, habe ich das Recht, die Löschung aller meiner bis dahin gespeicherten personenbezogenen Daten zu verlangen.
3. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Prüfung mindestens zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.

### **Ich erkläre mich bereit, an der oben genannten Studie freiwillig teilzunehmen.**

Ein Exemplar der Probanden-Information und der Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Jeweils ein Exemplar verbleibt im Prüfzentrum.

.....  
Name des Probanden in Druckbuchstaben

.....  
Datum

.....  
Unterschrift des **Probanden**

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Probanden eingeholt.

.....  
Name des Prüfarztes/der Prüfarztin in Druckbuchstaben

.....  
Datum

.....  
Unterschrift des aufklärenden **Prüfarztes/der Prüfarztin**

## 9.2 Probandeninformation

# Probanden-Information

**Prüfstelle:**

Poliklinik für Kieferorthopädie  
ZZMK Carolinum der J.W. Goethe-Universität Frankfurt  
Theodor-Stern-Kai 7  
60596 Frankfurt am Main

**Prüfarzt:**

Prof. Dr. Stefan Kopp

**Untersucher:**

ZÄ Kathrin Müller  
Dr. Daniela Ohlendorf  
Dr. Stefanie Uibel  
Jennifer Marx

## Korrelation zwischen Körperhaltung und Kausystem bei Berufsmusikern

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir suchen im Rahmen einer Studie an der Uniklinik Patienten/Probanden, die bereit sind sich an einer wissenschaftlichen Studie zu beteiligen.

Medizinische Studien sind notwendig, um Erkenntnisse über die Sicherheit, Eignung und Leistungsfähigkeit von neuen Messsystemen zu gewinnen. In dieser geplanten Studie sollen zudem vermutete Zusammenhänge in Bezug auf Körperhaltung und Kausystem mithilfe aktueller Messsysteme genauer untersucht werden. Gerade bei Berufsmusikern ist das Krankheitsbild der Rücken-, Nacken- und Kieferbeschwerden nicht unbekannt. Inwiefern diese Art der Beschwerden mit dem funktionell anatomischen Aufbau des Kausystems zusammenhängt, ist bisher noch unklar.

Diese Studie wird veranlasst, organisiert und finanziert durch Prof. Dr. Stefan Kopp (Leiter der Poliklinik für Kieferorthopädie, ZZMK Carolinum der J.W. Goethe-Universität Frankfurt Theodor-Stern-Kai 7, 60596 Frankfurt am Main), den Auftraggeber dieser Studie. Die Untersuchung wird in der Poliklinik für Kieferorthopädie, ZZMK Carolinum der J.W. Goethe-Universität Frankfurt, Theodor-Stern-Kai 7, 60596 Frankfurt am Main von der Untersucherin Kathrin Müller (ZÄ) durchgeführt.

Ihre Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Studie also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf der Studie erläutern. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

### **Warum wird diese Studie durchgeführt?**

In einer Vielzahl wissenschaftlicher Studien konnte bereits nachgewiesen werden, dass sich Dysfunktionen im Kieferbereich auf den gesamten Bewegungsapparat auswirken können. So können Probleme im Kausystem zu Haltungstörungen der Wirbelsäule führen. Umgekehrt kann eine fehlerhafte Körperhaltung aber auch Auswirkungen auf das Kausystem haben und so Schmerzen an Zähnen, Gesicht, Kaumuskulatur etc. hervorrufen.

Durch den Einsatz von individuellen Aufbisschienen konnte bereits bei Sportlern eine Verbesserung der Körperhaltung und somit eine deutliche Steigerung des subjektiven Wohlbefindens während sportlicher Betätigung erreicht werden.

Auch bei Musikern liegt diese Verbindung zwischen Haltungstörungen und Kausystem nahe: Viele Stunden am Tag vollbringen Berufsmusiker, ganz besonders im Orchester, körperliche Höchstleistungen, um auf engstem Raum stets ihr spielerisches Optimum zu erreichen. Dabei befindet sich der ganze Körper in einer anstrengenden Zwangshaltung, haltungsbedingte Überlastungen im Bereich der Wirbelsäule, der Schultern, der Arme, Hände und Finger sind die Folge. Die verkrampfte Körperhaltung wirkt sich schließlich negativ auf Konzentration und Leistungsfähigkeit aus.

### **Wie ist der Ablauf der Studie und was muss bei der Teilnahme beachtet werden?**

Zunächst wird eine manuelle Funktionsanalyse im Kopf- Halsbereich durchgeführt. Danach erfolgt eine Abdrucknahme des Ober- und Unterkiefers. Außerdem wird die Rückenscannung vorgenommen und mittels Kephalometrie der Gesichtsschädel vermessen.

#### **a) manuelle Funktionsanalyse:**

Durch manuelle Untersuchung der Muskelgruppen im Kopf- Halsbereich sowie des Kiefergelenks wird ermittelt, ob Beschwerden wie Kiefergelenkgeräusche, Verspannungen des Nackens, Rückenschmerzen etc. vorliegen. Die Funktionsanalyse dauert pro Proband ca. 15 Minuten.

#### **b) Abdrucknahme:**

Für die Modellanalyse werden von Ober- und Unterkiefer Abdrücke angefertigt, anhand derer Modelle hergestellt werden. Bei der Analyse der Modelle werden dentale Stellungsfehler sowie Abweichungen der Kiefergröße und -lage dokumentiert. Die Messdauer (Abdrucknahme) pro Proband dauert ca. 5 Minuten.

#### **c) Rückenscan:**

Beim Rückenscan wird die Oberkörperhaltung durch Projektion eines Lichtstreifenmusters auf den Rücken erfasst. Der Proband sitzt dabei auf einem Hocker mit dem Rücken zum Scanner. Auf dem Rücken werden durch kleine Aufkleber 6 anatomische Punkte markiert, anhand deren Lage durch das Scanprogramm Fehlhaltungen aufgezeichnet werden können.



Pro Musiker erfolgt ein Scanvorgang in normaler Sitzhaltung und ein Vorgang beim Halten des Instrumentes. Bei den Geigern und Bratschern erfolgt zusätzlich ein Scanvorgang während des Aufbeißen auf zwei Watterollen. Jeder Scanvorgang dauert ca. 1 Minute und wird dreimal wiederholt, sodass die Dauer der gesamten Messreihe ca. 10 Minuten beträgt.

#### **d) Kephalometrie:**

Eine technisch hoch entwickelte Messvorrichtung namens „noXrayCeph“ erfasst durch magnetische Induktion die Schädel- und Kieferanatomie. Der Cephostat, eine Karbon- Kopfkappe, welcher der Proband während der Messung trägt, gewährleistet die korrekte Position des Kopfes und empfängt das Signal des Messstiftes, mit dem 55 intra- und extraorale Bezugspunkte völlig schmerzfrei und ohne jegliche Strahlung markiert werden. Hierbei können Asymmetrien und skelettale Abweichungen festgestellt werden. Die Messdauer pro Proband dauert ca. 5 Minuten.

### **Welchen persönlichen Nutzen haben Sie von der Teilnahme an der Studie?**

Anhand der einzelnen Messungen kann eine Analyse der Körperhaltung mit und ohne Instrument erfolgen. So können mittels der **Rückenscannung** Fehlhaltungen im Zusammenhang mit dem Spielen des Instrumentes wie z.B. Lordose, Kyphose, skoliotische Fehlhaltung sowie ein Schulter- oder Beckenschiefstand aber auch rotatorische Abweichungen in diesen Bereichen festgestellt werden. Durch Messungen während des Aufbeißen auf Watterollen können die Auswirkungen einer Veränderung der Kieferlage auf die Körperhaltung beobachtet und so ggf. Lösungsansätze für Haltungsprobleme gefunden werden. Die **Kephalometrie** gibt Aufschluss darüber, ob im Bereich des Gesichtsschädels Asymmetrien und Abweichungen von Normwerten vorhanden sind, die evtl. im Zusammenhang mit Spielen des Instrumentes stehen. Anhand der Gipsmodelle wird eine genaue Analyse der Gebissituation (**Modellanalyse**) vorgenommen. Die **Funktionsanalyse** ermöglicht die Diagnose spezifischer Beschwerden im Kopf-/Halsbereich.

Sollten mögliche haltungsbedingte Beschwerden vorliegen, die mit den messtechnischen Ergebnissen übereinstimmen, gibt es im Anschluss die Möglichkeit einer individuellen Beratung hinsichtlich Therapievor schläge. So können einige Beschwerden zum Beispiel je nach Ursache durch Anfertigen einer Aufbisschiene beim Zahnarzt oder einer Einlegesohle beim Orthopäden, ggf. ergänzt durch eine Physiotherapie, gelindert werden.

Die Kosten für die Rückenscannung beim Orthopäden sowie für die Kephalometrie und Funktionsanalyse beim Kieferorthopäden werden von den Krankenkassen nicht übernommen. Als reine Privatleistungen sind diese diagnostischen Maßnahmen im Normalfall mit hohen Kosten verbunden. Diese Kosten fallen im Rahmen der Studie weg.

### **Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?**

Es sind keine Nebenwirkungen bekannt, da es sich um eine nicht invasive Vermessungen der Körperhaltung bzw. des Kausystems handelt.

### **Wer entscheidet, ob Sie aus der Studie ausscheiden?**

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

### **Was geschieht mit Ihren Daten?**

Vor der Teilnahme sollten Sie ausschließlich die persönlichen Daten: vollständiger Name und Geburtsdatum angeben. Diese werden in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben sowie elektronisch gespeichert. Die für die statistische Prüfung wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben.

Pseudonymisiert bedeutet, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur ein Nummern- und/oder Buchstabencode, evtl. mit Angabe des Geburtsjahres.

Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Die einzige Person, die Ihren Namen den erhobenen Daten zuordnen kann, ist die Untersucherin.

### **An wen wenden Sie sich bei weiteren Fragen?**

#### **Beratungsgespräche an der Prüfstelle**

Sie haben stets die Gelegenheit zu weiteren Beratungsgesprächen mit dem genannten Prüfarzt oder dem Untersucher, um weitere Fragen im Zusammenhang mit der Studie zu klären. Auch Fragen, die Ihre Rechte und Pflichten als Proband und Teilnehmer an der Studie betreffen, werden gerne beantwortet.

Wenden Sie sich bei Fragen an:

ZÄ Kathrin Müller, Tel.: 0176- 56502575, Email: [kathrin.mueller86@gmail.com](mailto:kathrin.mueller86@gmail.com)

#### **Prüfstelle:**

Poliklinik für Kieferorthopädie  
ZZMK Carolinum der J.W. Goethe-Universität Frankfurt  
Theodor-Stern-Kai 7  
60596 Frankfurt am Main

#### **Prüfarzt:**

Prof. Dr. Stefan Kopp

### 9.3 Allgemeine Anamnese

Haben oder hatten Sie:	Ja	Nein	Bemerkungen
Allergien?			
Anfallsleiden ( <i>Epilepsie</i> )?			
Blutgerinnungsstörungen?			
Zuckerkrankheit (z.B. <i>Diabetes</i> )?			
Herzerkrankungen?			
Kreislaufkrankungen ( <i>Bluthochdruck, Durchblutungsstörungen, Schwindel</i> )?			
Infektionskrankheiten (z. B. <i>HIV, Hepatitis</i> )?			
Rheuma?			
Osteoporose?			
Lebererkrankungen?			
Lungenerkrankung (z. B. <i>Asthma</i> )?			
Magen-, Darmerkrankungen?			
Nierenerkrankung?			
Schilddrüsenerkrankungen?			
Erhöhter Augeninnendruck ( <i>Glaukom</i> )?			
Tumorerkrankungen?			
Trinken Sie Alkohol ( <i>Was /Menge</i> )?			
Sind Sie Raucher?			
Sind Sie schwanger?			
Befinden Sie sich in ärztlicher Behandlung?			
Wenn ja, wo?			
Nehmen Sie derzeit Medikamente ein?			
Welche und in welcher Dosierung?			
Psychosomatische Erkrankungen?			
Weitere Erkrankungen?			
Frühere Operationen?			

## 9.4 Musikerspezifische Anamnese

	Ihre zugeteilte Nummer:		
	Hauptinstrument	Zweitinstrument	weitere Instrumente
Welche/s Instrument/e spielen Sie?			
Seit wann spielen Sie das Instrument (Anzahl der Jahre)?			
<b>Wie oft spielen Sie?</b>	Hauptinstrument	Zweitinstrument	weitere Instrumente
Wie viele Stunden am Tag?			
Wie viele Tage/Woche?			
An welcher Position spielen Sie im <b>Orchester</b> ?			
Haben Sie eine feste Position bezüglich des Pultes? (z. B. links oder rechts)			
Bevorzugen Sie eine Position?			
Wodurch fühlen Sie sich ergonomisch (Licht, Pult, Nähe zum Sitznachbar) eingeschränkt?			
In welcher Position üben Sie <b>privat</b> (sitzend oder stehend)?			
<b>Nur für Geiger/ Bratscher:</b>			
Verwenden Sie eine Schulterstütze, wenn ja, welcher Art ?			
<b>Fragen an alle Musiker:</b>			
Verwenden Sie Hilfsmittel, welche Ihnen das lange Sitzen oder das Halten des Instrumentes angenehmer machen? (z.B. keilförmiges Sitzkissen, ...?)			
Leiden Sie an ungewolltem Zittern der Arme/ Hände oder an Taubheitsgefühlen/ Kribbeln an den Armen/ Händen/ Fingern? Wenn ja, wo genau ?			
Wie lange halten die Beschwerden/ Schmerzen an? Spüren Sie die Beschwerden auch, während Sie Ihr Instrument nicht spielen?			
Auf einer Skala von 1 bis 10 (1 = sehr leicht, 10 = sehr stark), als wie belastend empfinden Sie Ihre Beschwerden?			
Haben/ hatten Sie einen Bandscheibenvorfall? Wenn ja, in welcher Körperregion u. in welchem Jahr?			
Leiden Sie an Arthrose? Wenn ja, welche Gelenke sind betroffen?			
Befinden/ befanden Sie sich in Behandlung aufgrund der genannten Beschwerden? Wenn ja, seit wann und welche Therapie wird/wurde unternommen?			
Treiben Sie in Ihrer Freizeit Sport? Wenn ja, welchen und wie viele Stunden die Woche?	Sportart:	Std. pro Woche:	
Tragen Sie orthopädische Einlagen in den Schuhen?			
Tragen Sie eine Sehhilfe während des Spielens? Wenn ja: Gleitsichtgläser/ Fernsicht-/ Nahsichtgläser?			
Tragen Sie eine akustische Hörhilfe?			
Haben Sie allgemein Probleme mit den Zähnen (häufig Schmerzen, Zahnfleischerkrankungen, Lockerung der Zähne...) Wenn ja, welche?			
Haben Sie das Gefühl, dass Sie bei Anspannungen Ober- und Unterkieferzähne aufeinander pressen, die Kaumuskeln anspannen oder mit den Zähnen knirschen (nachts oder auch tagsüber)? Wenn ja, wann?			
Kauen Sie nur auf einer Seite?			

Tritt häufig Mundtrockenheit oder (Zungen-) Brennen auf?	
Haben Sie Taubheitsgefühle im Nasen-, Lippen-Bereich?	
Kennen Sie Ihre Schlaflage? Wenn ja, welche Bauch / Rücken, links / rechts	
Haben/ hatten Sie eine Aufbiss-Schiene, z.B. wegen nächtlichem Knirschen / Pressen, Kiefergelenksproblemen etc.? Wenn ja, warum genau und welche?	
Tragen Sie eine Zahnprothese zum Herausnehmen? Wenn ja, wie alt ist diese?	
Sind / waren Sie in kieferorthopädischer Behandlung z. B. wg. einer Zahnspange)? Wenn ja, welche und wann war das (Dauer der Maßnahme)?	
Sind in den letzten Jahren größere Eingriffe im Mund- Kieferbereich vorgenommen worden? Wenn ja, welche? (Zahntfernungen, Parodontosebehandlungen, Überkronungen...)	
Haben Sie das Gefühl, dass alle Ihre Zähne gleichmäßig aufeinander sitzen, wenn Sie mit Ober- und Unterkiefer aufeinander beißen?	
Leiden/ litten Sie unter einem Tinnitus (Pfeifen/ Piepen/ Rauschen im Ohr)?	
Auf einer Skala von 0 bis 10 (0 = sehr leicht, 10 = sehr stark), wie stark fühlen Sie sich durch Ihren Beruf psychisch belastet (Stress vor Konzerten etc. ...)?	

## 9.5 Spezielle Anamnese

<p>Wir möchten Sie bitten, nachfolgend die auf Sie zutreffenden Fragen zu Ihrem Befinden im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich anzukreuzen.</p>	<p>Zeichnen Sie bitte im unterstehenden Schema zur grafischen Schmerzlokalisierung den Ort Ihrer Beschwerden ein.</p>																		
<p><b>Schmerzen: Leiden Sie unter ...</b></p> <table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Kopfschmerzen</td> <td><input type="checkbox"/> Probleme mit den Augen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ohrgeräusch / Tinnitus</td> <td><input type="checkbox"/> Zahnschmerzen</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><input type="checkbox"/> Heiserkeit, Kloßgefühl, Schluckbeschwerden, rauher Hals</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Nackenbeschwerden</td> <td><input type="checkbox"/> Schwindel</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Rückenbeschwerden</td> <td><input type="checkbox"/> gestörtes Kauen/Zubeißen</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Oberbauchbeschwerden</td> <td><input type="checkbox"/> weiter / andere Schmerzen OE</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Unfall, ggf. ohne Verletzung</td> <td><input type="checkbox"/> weiter / andere Schmerzen UE</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Schmerzlokalisierung in Skizze eintragen HWS, BWS, LWS, OE, UE</td> <td><input type="checkbox"/> schmerzhafte Mundöffnung</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><input type="checkbox"/> andere:</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/> Probleme mit den Augen	<input type="checkbox"/> Ohrgeräusch / Tinnitus	<input type="checkbox"/> Zahnschmerzen	<input type="checkbox"/> Heiserkeit, Kloßgefühl, Schluckbeschwerden, rauher Hals		<input type="checkbox"/> Nackenbeschwerden	<input type="checkbox"/> Schwindel	<input type="checkbox"/> Rückenbeschwerden	<input type="checkbox"/> gestörtes Kauen/Zubeißen	<input type="checkbox"/> Oberbauchbeschwerden	<input type="checkbox"/> weiter / andere Schmerzen OE	<input type="checkbox"/> Unfall, ggf. ohne Verletzung	<input type="checkbox"/> weiter / andere Schmerzen UE	<input type="checkbox"/> Schmerzlokalisierung in Skizze eintragen HWS, BWS, LWS, OE, UE	<input type="checkbox"/> schmerzhafte Mundöffnung	<input type="checkbox"/> andere:		
<input type="checkbox"/> Kopfschmerzen	<input type="checkbox"/> Probleme mit den Augen																		
<input type="checkbox"/> Ohrgeräusch / Tinnitus	<input type="checkbox"/> Zahnschmerzen																		
<input type="checkbox"/> Heiserkeit, Kloßgefühl, Schluckbeschwerden, rauher Hals																			
<input type="checkbox"/> Nackenbeschwerden	<input type="checkbox"/> Schwindel																		
<input type="checkbox"/> Rückenbeschwerden	<input type="checkbox"/> gestörtes Kauen/Zubeißen																		
<input type="checkbox"/> Oberbauchbeschwerden	<input type="checkbox"/> weiter / andere Schmerzen OE																		
<input type="checkbox"/> Unfall, ggf. ohne Verletzung	<input type="checkbox"/> weiter / andere Schmerzen UE																		
<input type="checkbox"/> Schmerzlokalisierung in Skizze eintragen HWS, BWS, LWS, OE, UE	<input type="checkbox"/> schmerzhafte Mundöffnung																		
<input type="checkbox"/> andere:																			
<p><b>Beschwerden</b></p> <table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Wie oft haben Sie Schmerzen(täglich,...)</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Treten Ihre Beschwerden zu bestimmten Tageszeiten auf ?</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Haben sich über mehrere Wochen Veränderungen ergeben ?</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Gehen die Beschwerden im Urlaub zurück ?</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Sind die Beschwerden so stark, dass Sie tagsüber daran erinnert werden ?</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Hatten Sie einen Unfall o.ä. im Schulter- / Kopfbereich ?</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Sind bei Ihnen Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule oder anderer Gelenke aufgetreten ?</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Waren oder sind Sie wegen der Beschwerden in ärztlicher Behandlung ? Wenn ja, welche Fachrichtung ?</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Hausarzt</td> <td><input type="checkbox"/> Neurologe</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Wie oft haben Sie Schmerzen(täglich,...)	<input type="checkbox"/> Treten Ihre Beschwerden zu bestimmten Tageszeiten auf ?	<input type="checkbox"/> Haben sich über mehrere Wochen Veränderungen ergeben ?	<input type="checkbox"/> Gehen die Beschwerden im Urlaub zurück ?	<input type="checkbox"/> Sind die Beschwerden so stark, dass Sie tagsüber daran erinnert werden ?	<input type="checkbox"/> Hatten Sie einen Unfall o.ä. im Schulter- / Kopfbereich ?	<input type="checkbox"/> Sind bei Ihnen Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule oder anderer Gelenke aufgetreten ?	<input type="checkbox"/> Waren oder sind Sie wegen der Beschwerden in ärztlicher Behandlung ? Wenn ja, welche Fachrichtung ?	<input type="checkbox"/> Hausarzt	<input type="checkbox"/> Neurologe									
<input type="checkbox"/> Wie oft haben Sie Schmerzen(täglich,...)																			
<input type="checkbox"/> Treten Ihre Beschwerden zu bestimmten Tageszeiten auf ?																			
<input type="checkbox"/> Haben sich über mehrere Wochen Veränderungen ergeben ?																			
<input type="checkbox"/> Gehen die Beschwerden im Urlaub zurück ?																			
<input type="checkbox"/> Sind die Beschwerden so stark, dass Sie tagsüber daran erinnert werden ?																			
<input type="checkbox"/> Hatten Sie einen Unfall o.ä. im Schulter- / Kopfbereich ?																			
<input type="checkbox"/> Sind bei Ihnen Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule oder anderer Gelenke aufgetreten ?																			
<input type="checkbox"/> Waren oder sind Sie wegen der Beschwerden in ärztlicher Behandlung ? Wenn ja, welche Fachrichtung ?																			
<input type="checkbox"/> Hausarzt	<input type="checkbox"/> Neurologe																		



## 9.7 Funktionsanalyse

				Ang- le	M R	C R	C L	M L				
Sag. Stufe		Überbiss										

Mobilität	aktiv	Schmerz		Knacken		passiv		Schmerz		Isometrie	Mittellinienverschiebung
		R	L	R	L	+	=	R	L		
Öffnung											
Schliessen											
Med R											
Med L											
Protrusion											
Retrusion											

Palpation	R	L	Gelenkspiel						Traktion / Translation	
KG, lateral			Passive Kompression	R	L		R	L	caudal	
KG, dorsal			dorsal			cranial			R	L
M. masseter, P. prof.			dorso-cranial			medio-cranial			rostro-medial	
M. masseter, P. sup.			latero-dorsal			lateral - cranial			R	L
			latero-dorso-cranial							



Palpation	R	L
M. temporalis, P. med.		
M. temporalis, P. post.		
M. pterygoideus lat.		
M. pterygoideus med.		
M. mylohyoideus		
M. digastricus		
Suprahyoidale M.		
Infrahyoidale M.		

Anmerkungen:

---



---



---



---

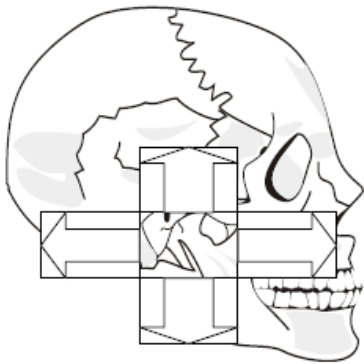
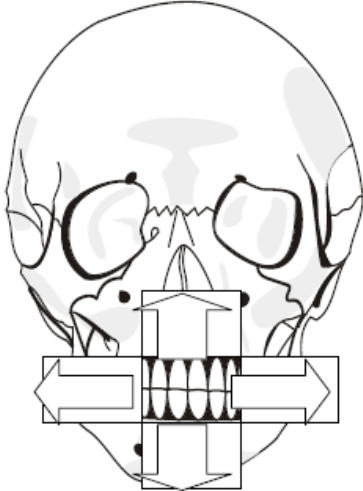
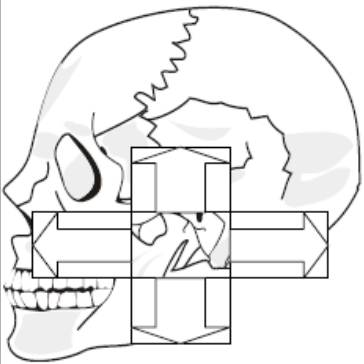


---



---

## 9.8 Kondylenpositionsanalyse (CPA)

Patient:	geboren:	Untersucher:			
	Pat. Nr.:	Datum:			
Registrieretiketten	rechts	links			
					
Bewertung:					
Kiefergelenk rechts		Transversale		Kiefergelenk links	
sagittal	horizontal	lateral	vertikal	sagittal	horizontal
Epikrise:					

## 9.9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bläser mit Mundstück einer Trompete, aus [48] .....	3
Abbildung 2: Körperhaltung beim Geigenspiel .....	4
Abbildung 3: Drehachsen des Unterkiefers in Dynamik, aus [7] .....	9
Abbildung 4: Dreidimensionales Koordinatensystem .....	10
Abbildung 5: Kraftwirkungen der Kaumuskulatur [7] .....	12
Abbildung 6: Dreidimensionales Koordinatensystem mit schematischem Kiefergelenk.....	34
Abbildung 7: Reference SL mit montierten Modellen in IKP, Blick auf rechtes Gelenk.	35
Abbildung 8: Messblatt rechtes Gelenk mit markierten Punkten.....	36
Abbildung 9: Reference SL mit Zentrikblock .....	36
Abbildung 10: Blick von dorsal auf den Reference SL mit Messblatt für transversale Verschiebung .....	38
Abbildung 11: Reference SL Ansicht von anterior, Stützstift .....	38
Abbildung 12: beschrifteter CPA-Auswertungsbogen aus der Poliklinik für Kieferorthopädie des ZZMK Carolinum, Frankfurt am Main .....	39
Abbildung 13: Dreidimensionales Koordinatensystem mit Parametern der CPA.....	41
Abbildung 14: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter $R_s$ .....	47
Abbildung 15: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter $L_s$ .....	49
Abbildung 16: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter $R_h$ .....	51
Abbildung 17: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter $L_h$ .....	53
Abbildung 18: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter $T_l$ .....	55
Abbildung 19: Graphische Darstellung von MW und SD für den Parameter $T_v$ .....	57

## 9.10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Rs („Kiefergelenk rechts sagittal“)	46
Tabelle 2: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Rs	47
Tabelle 3: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Ls („Kiefergelenk links sagittal“)	48
Tabelle 4: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Ls	50
Tabelle 5: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Rh („Kiefergelenk rechts horizontal“)	50
Tabelle 6: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Rh	52
Tabelle 7: MW und SD bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Lh („Kiefergelenk links horizontal“)	53
Tabelle 8: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Lh	54
Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Tl („Transversale lateral“)	55
Tabelle 10: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Tl	56
Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen bei den Gruppen 1, 2 und 3 für den Parameter Tv („Transversale vertikal“)	56
Tabelle 12: p-Werte im Inter-Gruppen-Vergleich für den Parameter Tv	58
Tabelle 13: Mittelwerte Rs u. Ls im Rechts-Links-Vergleich	58
Tabelle 14: Mittelwerte Rh u. Lh im Rechts-Links-Vergleich	59
Tabelle 15: p-Werte zum Rechts-Links-Vergleich der Parameter Rs, Ls, Rh und Lh	59
Tabelle 16: Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese 1; 1 = ja, 0 = nein, 0,5 = teilweise	62
Tabelle 17: Verifizierung und Falsifizierung der Hypothese 3; 1 = ja, 0 = nein, 0,5 = teilweise	66
Tabelle 18: Zusammenfassung der Befunde aus Anamnese und Funktionsanalyse der 32 Probanden	69

## 9.11 Abkürzungsverzeichnis

CMD	kraniomandibuläre Dysfunktion
CMS	kraniomandibuläres System
CPA	Kondylen-Positions-Analyse
CPM	Kondylen-Positions-Messinstrument
DGFDT	Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und –therapie
DGfMM	Deutsche Gesellschaft für Musikphysiologie und Musikermedizin e.V.
Et al.	lat. et alii = und andere
FAL	Funktionsanalyse
FKO	Funktionskieferorthopädie
G1, G2, G3	Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3
ggf.	gegebenenfalls
IKP	maximale Interkuspitation
M.	Musculus
MSS	muskuloskelettales System
MW	Mittelwert
N	Newton, physikalische Einheit für Kraft
N.	Nervus
SD	Standardabweichung
z.B.	zum Beispiel
ZZMK Carolinum	Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Carolinum

## 10 Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen bedanken, die mich bei der Erstellung meiner Dissertationsarbeit unterstützt haben. Hierbei möchte ich ganz besonders die Mitglieder des hr-Sinfonieorchesters erwähnen, die sich freiwillig bereit erklärt haben, an der umfangreichen Befragung und Untersuchung teilzunehmen. Hierbei bat sich mir zusätzlich die Möglichkeit, wirklich interessante Persönlichkeiten kennen zu lernen.

Ein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Stefan Kopp, der sich für die Idee mit den Musikern genauso begeisterte wie ich und es mir durch Bereitstellung von Räumlichkeiten und Forschungsmitteln sowie fachkundige Beratung ermöglicht hat, die Studie durchzuführen.

Dr. Marie-Christine Blecher hat mir bei der Korrektur der Arbeit aufmunternd zur Seite gestanden.

Meinem Mann Michael danke ich ganz herzlich für die technische Unterstützung beim Erstellen des korrekten Formates der schriftlichen Niederlegung und für sein Verständnis für meine hin und wieder aufgetretene Frustration auf dem Weg zur Fertigstellung.

Danke an meine Familie für die stetige Motivation und Unterstützung.

Ich widme diese Arbeit meinem Opa, der mir das Geigenspiel beigebracht hat und mit dem ich viel Freude beim Musizieren hatte.

## 11 Curriculum Vitae

### Persönliche Daten

Name	Kathrin Clasen, geb. Müller
Anschrift	Ziegelweg 3 63589 Linsengericht
Geburtsdatum	25.02.1986
Geburtsort	Gelnhausen
Familienstand	verheiratet
Eltern	Stefan Müller, Krankenpfleger Renate Müller, Krankenschwester
Geschwister	Daniel Müller, Mechatroniker Isabel Müller, Studentin

### Beruflicher Werdegang

<i>seit 01/2015</i>	Zahnärztliche Tätigkeit als angestellte Zahnärztin in der Praxis Dr. Lomb, Möller u. Hobeck, Fulda
<i>10/2013 – 01/2015</i>	Zahnärztliche Tätigkeit als angestellte Zahnärztin in der Praxis Michael Rau, Gründau Lieblos
<i>10/2011 – 10/2013</i>	Vorbereitungszeit in der zahnärztlichen Gemeinschaftspraxis Dr. Marcus Knirr & Kollegen, Gelnhausen

### Universitärer Werdegang

<i>10/2005 – 06/2011</i>	Studiengang Zahnmedizin, Johann-Wolfgang-Goethe Universität Frankfurt am Main
<i>02/2011 – 06/2011</i>	Zahnärztliche Prüfung

*10/2008*

Zahnärztliche Vorprüfung

*09/2006*

Naturwissenschaftliche Vorprüfung

**Schulischer Werdegang**

*09/1996 – 06/2005*

Grimmelshausen Gymnasium, Gelnhausen

Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

*08/1992 – 07/1996*

Hasela Grundschule, Linsengericht Altenhaßlau

Linsengericht, den

Kathrin Clasen



## 12 Schriftliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel

### **Myo- und arthrogene Befunde bei Berufsmusikern**

im Zentrum der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (Carolinum), in der Poliklinik für Kieferorthopädie, unter Betreuung und Anleitung von Prof. Dr. Stefan Kopp mit Unterstützung durch Dr. Marie-Christine Blecher und Dr. Natalie Filmann (Institut für Biostatistik) ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht. Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

---

(Ort, Datum)

---

(Unterschrift)