

**Untersuchungen zur Reliabilität
und Validität der dreidimensionalen
Kiefergelenkfunktionsanalyse
mittels Zebris WinJaw-System**

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Norman Best
geboren am 02.03.1975 in Borna

Gutachter:

1. Prof. Dr. med. U.C. Smolenski, Jena
2. PD Dr. med. dent. W. Reinhardt, Jena
3. Prof. Dr. med. dent. S. Kopp, Frankfurt/Main

Tag der öffentlichen Verteidigung: 04.01.2010

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	6
Abbildungsverzeichnis.....	8
Tabellenverzeichnis.....	9
Diagrammverzeichnis.....	10
Zusammenfassung.....	11
1 Einleitung.....	13
1.1 Allgemeines.....	13
1.2 Überblick über apparative Funktionsanalyse der Kiefer- gelenke, eine systematische Literatursuche.....	16
1.2.1 Allgemeines zur Recherche.....	16
1.2.2 Ergebnisse.....	16
1.2.3 Beurteilung der Arbeiten.....	17
1.3 Testgütekriterien.....	26
1.3.1 Hauptkriterien.....	26
1.3.1.1 Objektivität.....	26
1.3.1.2 Reliabilität.....	27
1.3.1.3 Validität.....	28
1.3.2 Nebenkriterien.....	29
1.3.2.1 Normiertheit.....	29
1.3.2.2 Vergleichbarkeit.....	29
1.3.2.3 Ökonomie.....	29
1.3.2.4 Nützlichkeit.....	30
1.4 Das Kausystem.....	30
1.4.1 Anatomie des Kiefergelenkes.....	31
1.4.2 Funktion des isolierten Kiefergelenkes.....	33
1.4.3 Die Mandibula im Bewegungssystem.....	34
1.4.4 Die craniomandibuläre Dysfunktion.....	36
2 Wissenschaftliche Fragestellungen.....	40
2.1 Wie reliabel innerhalb einer Untersuchungssitzung ist die Zebrismessung?.....	40

2.2 Welche Reliabilitäten ergeben sich beim Vergleich der Zebrismessungen an 2 verschiedenen Tagen bei gleichen Probanden und Untersucher?.....	40
2.3 Wie ist die Validität des Zebris WinJaw-Systems im Vergleich zur manuellen Vermessung der Kiefergelenkbeweglichkeit mittels Messschieber?.....	40
2.4 Welche Schlussfolgerungen ergeben sich aus den gewonnenen Untersuchungsergebnissen?.....	40
3 Probanden und Methoden.....	41
3.1 Probanden.....	41
3.2 Methoden.....	42
3.2.1 Manualmedizinische Untersuchung.....	42
3.2.2 Grundsätzliches zur Messmethode	43
3.2.3 Versuchsaufbau.....	44
3.2.4 Versuchsdurchführung.....	47
3.2.5 Erhebung der Zebrisdaten.....	54
3.2.6 Statistische Auswertung.....	57
4 Ergebnisse.....	59
4.1 Ergebnisse der manuellen Untersuchungen.....	59
4.1.1 Inspektion und manualmedizinische Untersuchung.....	59
4.1.2 Manuelle Vermessung der Unterkieferbeweglichkeit.....	64
4.1.3 Gebissmaße.....	65
4.2 Ergebnisse der Zebrisuntersuchungen.....	66
4.3 Reliabilität.....	69
4.3.1 Intersessionreliabilität der manuellen Untersuchungen.....	69
4.3.2 Intrasessionreliabilität der Zebrismessungen.....	69
4.3.3 Intersessionreliabilität der Zebrismessungen.....	71
4.4 Validität.....	71
5 Diskussion.....	79
5.1 Manuelle Untersuchung der HWS und des Unterkiefers.....	79
5.2 Zebrismessung.....	82
6 Schlussfolgerungen.....	92

7 Literatur- und Quellenverzeichnis.....	94
8 Anhang.....	107

Abkürzungsverzeichnis

1.Qu	1.Quartile
3.Qu	3.Quartile
3-D	dreidimensional
Abb.	Abbildung
BWK	Brustwirbelkörper
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CMD	Craniomandibuläre Dysfunktion
CT	Computertomographie
DGFDT	Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie in der DGZMK
DGMM	Deutsche Gesellschaft für Manuelle Medizin
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Diagr.	Diagramm
Ex	Extension
Flex	Flexion
HWS	Halswirbelsäule
ICC	Intraklassenkorrelationskoeffizient
ICD	International Classification of Diseases (Internationale Klassifikation der Krankheiten)
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health (Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit)
ICIDH	International Classification of Impairments, Disabilities, Handicaps (Internationale Klassifikation der Schädigungen, Behinderungen, Beeinträchtigungen)
Laterotr. li	Laterotrusion links

LSAN	Leitliniengruppe "Schmerz und Zahnärztliche Anästhesie"
M	Median
M.	Muskulus
Max	Maximalwert
Min	Minimalwert
MW	Mittelwert
PC	Personalcomputer
re	rechts
ROM	range of motion
Rot	Rotation
SD	Standardabweichung
SN	Seitneige
sternocleidom.	sternocleidomastoideus
Tab.	Tabelle
Var.	Varianz
WHO	World Health Organization

In der Arbeit wurde auf das Kennzeichnen von geschützten Marken und Warenzeichen verzichtet. Benutzung von Markennamen geschieht unter Wahrung der Rechte der Urheber und Markeninhaber.

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Recherchematrix "Pubmed".....	24
Abb.2: Recherchematrix "ISI Web of Knowledge.....	24
Abb.3: Recherchematrix "PEDro".....	25
Abb.4: Recherchematrix "SPORTIF".....	25
Abb.5: rechtes Kiefergelenk schematisch quer, eigene Darstellung.....	32
Abb.6: Verbindung von Mandibula und HWS, aus Buchmann J, Smolenski UC, Arens U, Harke G, Kayser R. 2008. Kopf- und Gesichtsschmerzsyndrome - Manualmedizinische Differenzialdiagnose unter Einbeziehung osteopathischer Anschauungen. Manuelle Medizin, 46 (2):82-92.....	36
Abb.7: Messaufbau - schematisch, eigene Darstellung.....	44
Abb.8: Versuchsaufbau am Probanden.....	45
Abb.9: Pointer und Ultraschallsender.....	46
Abb.10: Einstellungsmöglichkeiten in der Software.....	47
Abb.11: Messschieber zur manuellen Vermessung der Unterkieferbewegungsausmaße.....	48
Abb.12: Bewegungsrichtungen des Unterkiefers, eigene Darstellung.....	49
Abb.13: Overbite und Overjet, eigene Darstellung.....	49
Abb.14: für die WinJaw-Untersuchung notwendige Markerpunkte...51	
Abb.15: von der WinJaw-Software konstruierter Schädel in der Funktionsmessung; Bildnachweis: Zebris Bilderpool, Bildquelle: Zebris Medical GmbH.....	53
Abb.16: Software-Ansicht während der Untersuchung; Bildnachweis: Zebris Bilderpool, Bildquelle: Zebris Medical GmbH.....	55
Abb.17: WinJaw-Report, Seite 1.....	56
Abb.18: WinJaw-Report, Seite 2.....	56
Abb.19: räumliche Verhältnisse bei geringem Overbite.....	86
Abb.20: räumliche Verhältnisse bei ausgeprägtem Overbite.....	87

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Ergebnisse des Literaturreviews - Angaben zur Reliabilität und Validität, Teil1.....	18
Tab.2: Ergebnisse des Literaturreviews - Angaben zur Reliabilität und Validität, Teil2.....	19
Tab.3: Altersverteilung der Probandengruppe (n=30).....	41
Tab.4: Einteilung der Grundspannung von Muskulatur nach Callies	43
Tab.5: Beurteilung des Korrelationskoeffizienten nach Bühl.....	58
Tab.6: Beurteilung des ICC nach Landis und Koch.....	59
Tab.7: Auswertung der Bewegungsuntersuchung der HWS.....	61
Tab.8: manuelle HWS-Untersuchung.....	62
Tab.9: Bewegungsmaße Unterkiefer in mm, manuell, Tag 1.....	64
Tab.10: Bewegungsmaße Unterkiefer in mm, manuell, Tag 2.....	64
Tab.11: Overjet und Overbite.....	65
Tab.12: deskriptive Auswertung, Zebrismessungen aller Bewegungsrichtungen, Tag 1.....	67
Tab.13: deskriptive Auswertung, Zebrismessungen aller Bewegungsrichtungen, Tag 2.....	68
Tab.14: Intersessionreliabilität der manuellen Messung.....	69
Tab.15: Intrasessionreliabilität der Zebrismessungen, Tag1.....	70
Tab.16: Intrasessionreliabilität der Zebrismessungen, Tag2.....	70
Tab.17: Vergleich der ICC´s beider Messtage.....	70
Tab.18: Korrelation zwischen manueller Messung und den Zebris-Messungen des ersten und zweiten Tages.....	72
Tab.19: Korrelation zwischen manueller Messung und Zebris-Vermessungen der Mundöffnung des ersten und zweiten Tages bei gering ausgeprägtem Overbite, n=4	76
Tab.20: Korrelation zwischen manueller Messung und Zebris-Vermessungen der Mundöffnung des ersten und zweiten Tages bei weder gering noch stark ausgeprägtem Overbite, n=7.....	77

Tab.21: Korrelation zwischen manueller Messung und Zebris- Vermessungen der Mundöffnung des ersten und zweiten Tages bei ausgeprägtem Overbite, n=19	78
--	----

Diagrammverzeichnis

Diagr.1: Verteilung der Bewegungsstörungen der Inzisalbahn.....	60
Diagr.2: Verteilung der Grundtoni je Muskel, n=30.....	63
Diagr.3: Verteilung der Triggerpunktanzahl je Muskel, n=30.....	63
Diagr.4: Gesamtöffnung als Summe aus Overbite und Inzisal- kantenabstand.....	66
Diagr.5: ICC's der korrespondierenden Messdurchgänge beider Messtage.....	71
Diagr.6: Mundöffnung in mm, Mittel- und Maximalwerte am ersten und zweiten Messtag, n=30.....	73
Diagr.7: Mundöffnung in mm, Mittel- und Maximalwerte am ersten und zweiten Messtag, n=30.....	74
Diagr.8: Korrelation der Werte für die Laterotrusion nach rechts, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=30.....	75
Diagr.9: Korrelation der Mundöffnungswerte bei geringem Overbite, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=4.....	76
Diagr.10: Korrelation der Mundöffnungswerte bei mittlerem Overbite, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=7.....	77
Diagr.11: Korrelation der Mundöffnungswerte bei ausgeprägtem Overbite, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=19.....	78

Zusammenfassung

Um Patienten zu behandeln und zu rehabilitieren wird zunehmend nicht nur ein rein somatisch/morphologischer Ansatz betrachtet, sondern auch vermehrt das Augenmerk auf Funktionsstörungen gelegt. Funktionen abzubilden ist dabei ein wichtiger Punkt der Diagnostik.

Jedes Diagnosesystem muss sich einem Evaluationsprozess unterziehen, der die Hauptkriterien der Testgüte, Objektivität, Reliabilität und Validität, überprüft.

Das Zebris WinJaw-System zur Kiefergelenkfunktionsanalyse wurde hier auf Reliabilität und Validität hin überprüft. Es wurden Intrasessionreliabilität und Intersessionreliabilität beurteilt. Bei der Suche nach vergleichbarer Literatur sind keine Arbeiten zur Testgüte bzgl. der Kiefergelenkanalyse zu finden. Allerdings sind mehrere Arbeiten verfügbar, die Zebrissysteme für die Beurteilung der HWS-Funktion und der Cranio-Corpo-Graphie beurteilen. Die Verfasser wiesen nach, dass die besagten Systeme gute bis ausgezeichnete Reliabilitätswerte und hohe Korrelationen zu den Vergleichsmessungen zeigten.

Zur Zebris-WinJaw-Evaluation wurden 30 gesunde Probanden eingeschlossen, die keinerlei Vorerkrankungen am Bewegungssystem in der Anamnese aufweisen durften. Diese Probanden wurden an zwei Messtagen im Abstand von 7 Tagen zur gleichen Uhrzeit untersucht. An jedem Tag erfolgte eine Vermessung der Unterkieferbeweglichkeit mittels Messschieber und jeweils drei Messzyklen mit dem WinJaw-System. Am ersten Untersuchungstag wurde initial eine orientierende manualmedizinische Untersuchung der HWS und der Kiefergelenke durchgeführt.

Die gemessenen Bewegungsparameter wurden auf das Vorliegen einer Normalverteilung geprüft. Anschließend erfolgte die Berechnung der Reliabilitätswerte und der Korrelation mittels

Intraklassen-Korrelations-Koeffizient, t-Test nach Student und dem empirischem Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson.

Es zeigten sich ausgezeichnete Werte für die Intra- und Intersessionreliabilität für alle mit Zebris ermittelten Bewegungsrichtungen. Die Intersessionreliabilität des Messschiebers ist ebenfalls ausgezeichnet.

Die Korrelation zwischen manueller Messung und der Messung mit dem Zebrissystem erreicht mittlere bzw. hohe Werte mit Ausnahme der Öffnungsbewegung. Nach einer Subgruppenanalyse zeigte sich, dass die Korrelation der Werte bei Probanden mit gering und stark ausgeprägtem Overbite ebenfalls mittlere bis hohe Werte aufwies. Lediglich die Subgruppe mit mittlerem Overbite zeigte negative Korrelationen. Die Ursache ist darin zu suchen, dass das an der Frontzahnreihe angebaute Attachment die Bewegungen stört und in der untersuchten Stichprobe bei den Personen die einen mittleren Overbite aufwiesen zu den o.g. Ergebnissen führt. Alle anderen Probanden bewegten den Unterkiefer gleichmäßig bei der Öffnungsbewegung, auch wenn bei starkem Overbite das Attachment den vollständigen Mundschluss verhinderte. Die Korrelationen im zweiten und dritten Messdurchgang zeigten durchgängig höhere Werte als beim ersten.

Auf Grund der Ergebnisse dieser Untersuchung kann die Zebris-WinJaw-Kiefergelenkfunktionsanalyse zur Verlaufsbeobachtung bei Kiefergelenkstörungen Verwendung finden. Hinsichtlich der Mundöffnung kann das System nicht uneingeschränkt empfohlen werden. Zur Optimierung der Validität der Zebrismessung sollte ausgiebig der Bewegungsablauf geübt oder die erste Messung verworfen werden. Für den klinischen Alltag ist wegen der geringen Kosten und der einfachen Handhabung der Messschieber der apparativen Funktionsanalyse überlegen.

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

1948 wurde erstmals der Begriff GESUNDHEIT in der Gründungsurkunde der Weltgesundheitsorganisation (WHO) durch die Vereinten Nationen als Menschenrecht anerkannt. Gesundheit ist laut dieser Definition nicht nur als Abwesenheit von Krankheit und Gebrechen zu verstehen, sondern vielmehr als Zustand völligen körperlichen, geistigen, seelischen und sozialen Wohlbefindens. Diese Definition wurde mehrfach novelliert, blieb aber bis heute in ihren Grundzügen gültig. Damit wird Gesundheit nicht nur als medizinischer Zustand, sondern als gesamtgesellschaftliches Ziel definiert (WHO 1990).

Derartig neues Verständnis im Zusammenhang mit „Krank sein“ setzt sich auch zunehmend in der Medizin durch. Von ehemals rein somatisch ausgerichteten Pathologieverständnis werden nun vermehrt Funktion und klinische Zeichen einer Störung in den Mittelpunkt gesetzt. Es ist erkannt worden, dass zum Beispiel Störungen am muskuloskelettalen System enormen Leidensdruck auslösen und dadurch große volkswirtschaftliche Belastungen nach sich ziehen können (Ekman et al. 2005, Katz 2006).

Deshalb wurde die erste Dekade des neuen Jahrtausends zur „Bone an Joint Decade“ durch die WHO erklärt (Browner 2001, Lidgren 2003).

Ebenfalls initiiert durch die Welt-Gesundheits-Organisation wurden neben der Klassifikation der Erkrankungen selbst (ICD) auch deren Schädigungen, Behinderungen und Beeinträchtigungen (ICIDH) klassifiziert und eingeführt (Matthesius et al. 1995). Nach mehrfacher Überarbeitung wurden die ICIDH-Klassifikationen durch das ICF-Modell abgelöst. Dabei werden neben Störungen der Funktionalität auch die den Menschen betreffenden Umweltfaktoren berücksichtigt. Es steht nicht nur die Erkrankung selbst im Mittelpunkt. Nunmehr ist entscheidend, dem Patienten eine gute Lebensqualität zu

ermöglichen, indem Störungen der Funktion, aber auch beispielsweise Einschränkungen bezüglich der Teilhabe am gesellschaftlichen Leben erfasst werden. Somit ist die funktionelle Gesundheit neben der Erkrankung selbst ein wichtiger zu betrachtender Faktor bei der Gesundung Erkrankter. Für den Patienten ist mitunter eine Verbesserung der Lebensqualität das entscheidende Therapie- und Rehabilitationsziel (Olschowsky 2000, Ewert und Cieza 2002, Stibenz 2004, Cieza et al. 2006).

Es wirft sich nun das Problem auf, wie sich diese Funktion, gestört oder nicht, messen lässt. Beweggründe für eine solche Funktionsanalyse können sein, das Bestreben, eine Störung optimal abzubilden, sie zu objektivieren, einen eventuellen Therapiefortschritt dann dadurch nachzuweisen und nicht zuletzt forensische Aspekte und Gutachtertätigkeit.

Primär konnte man am Bewegungssystem mit einfachen Mitteln wie Winkelmessungen und Längenbestimmungen Bewegungsausmaße erfassen. Diese Messungen bilden aber in der Regel keine Bewegungen ab, sondern nur den maximal möglichen Weg. Dennoch kann beispielsweise das Aufheben eines Schlüsselbundes vom Boden Schmerzen im unteren Rücken erzeugen, ohne dass das Bewegungsausmaß eingeschränkt sein muss. Die Erfassung von gestörten Bewegungsabläufen und gelenkigen Funktionsstörungen ist durch den geübten Untersucher gut möglich, aber unter Umständen schlecht reproduzierbar (Conradi und Smolenski 2005). Es muss deshalb geeignete Messtechnik gefunden werden, die auf der einen Seite Bewegungen abbilden und auf der anderen Seite diese Abläufe vergleichbar darstellen kann. Der Anspruch des Untersuchers sollte weiterhin sein, mittels der Messtechnik, Alltagsfunktionen abbilden zu können. Dies implementiert, dass im kybernetischen System der Bewegungsorgane dreidimensional gemessen werden muss. Das stellt erheblich mehr Anforderungen an das Diagnosesystem, als

dies bei zweidimensionalen Mess- und Analysevorrichtungen der Fall ist.

Bei funktionellen Störungen im Bereich des Bewegungssystems, wird meist primär an die lumbale Wirbelsäule gedacht. Für dortige Störungen gibt es ausreichend evaluierte Verfahren zur Funktionsmessung (Vogt und Banter 1997, Schreiber et al. 2001). Sehr häufig finden wir aber auch Störungen der Funktion der Halswirbelsäule (Lagatutta und Falco 1996, Nachemson und Jonsson 2000, Schreiber et al. 2001) und der Kiefergelenke. (Helkimo 1979, Okimoto et al. 1996, Nicolakis et al. 2000, Olschowsky 2000)

Im Zusammenhang mit Störungen der Funktion der Kiefergelenke stehen oft sakroiliakale und zervikale Blockierungen als Beispiele für Störungen am Bewegungssystem (Fink et al. 2003), sowie psychische Auffälligkeiten (De Leeuw et al. 1994, Lobezzo-Scholte et al. 1995, Morris et al. 1997, Slavicek und Sato 2004).

COSTON beschrieb bereits 1934 Kiefergelenkfunktionsstörungen, die sich in Symptomen wie Kopfschmerz, Schwindelattacken, beim Kauen auftretenden Knackgeräusche, Tinnitus und Taubheitsgefühl im Ohr äußerten. Man bezeichnete diese Symptomenkomplexe als Coston-Syndrom (Costen 1934).

Mit zunehmendem Verständnis für die funktionellen Zusammenhänge des Bewegungssystems erlangten Muskulatur und psychische Komponenten vermehrte Wichtigkeit. Bezogen auf die Kiefergelenke fasste SCHWARTZ 1956 diese Zusammenhänge im Begriff „temporomandibular joint pain dysfunction syndrom“ zusammen (Schwartz 1956, Olschowsky 2000). Im deutschen Sprachgebrauch spricht man von der craniomandibulären Dysfunktion.

1.2 Überblick über apparative Funktionsanalyse der Kiefergelenke, eine systematische Literatursuche

1.2.1 Allgemeines zur Recherche

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Beurteilung einer apparativen Funktionsanalyse der Kiefergelenke. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf Reliabilität und Validität der Untersuchungsmethode gelegt. Dementsprechend wurde nach ähnlichen Arbeiten gesucht, die vergleichbare Messsysteme beurteilen. Auf eine Einschränkung des Veröffentlichungszeitraumes wurde bewusst verzichtet, weil unter Umständen bewährte Messverfahren schon vor langer Zeit evaluiert wurden.

Die Recherche erfolgte in den zwei großen medizinischen Datenbanken „Pubmed“, die Online-Version der Medline-Datenbank, und „ISI Web of Knowledge“. Weiterhin wurde die Datensammlung „PEDro“, die speziell international veröffentlichte evidenz-basierte physiotherapeutische Schriften beinhaltet, durchsucht. Recherchiert wurde ebenfalls in der sportwissenschaftlichen Metasuchmaschine „SPORTIF“, um gegebenenfalls Arbeiten angrenzender Fachgebiete zu erfassen. Ergänzend wurde im Internet nach Hinweisen auf wissenschaftliche Referenzen gesucht, um dann Literatur direkt zu finden.

Aus den Literaturanhängen und dem Text der gefunden Artikel ließen sich teilweise Querverweise auf andere Veröffentlichungen ableiten. Denen wurde dann ebenfalls nachgegangen.

1.2.2 Ergebnisse

Die Suchalgorithmen sind in den Abbildungen eins bis vier dargestellt. Es stellte sich heraus, dass in der Kombination der Stichworte nur eine begrenzte Anzahl Arbeiten gefunden werden konnten. Erwartungsgemäß ergab der alleinige Suchbegriff „functional analysis“ in „Pubmed“ und „ISI Web of Knowledge“ weit über 100.000 Treffer. In „PEDro“ und „SPORTIF“ dagegen konnten

nur einige hundert Sucherfolge verzeichnet werden. In den großen Datenbanken allerdings kommen Treffer aller Wissenschaftskategorien zum Tragen und umfassen somit deutlich mehr Veröffentlichungen als in den spezialisierten Suchsystemen. Die Recherche gliederte sich nun in den „Arm“ „temporomandibular joint“ und „jaw“, die im Vorfeld als gebräuchlichste Bezeichnungen für das Kiefergelenk eruiert werden konnten. „Pubmed“ und „ISI Web of Knowledge“ generierten hier noch hohe Trefferzahlen, während die Literatursuche in „SPORTIF“ kein positives Suchergebnis mehr zeigte und in „PEDro“ lediglich 3 bzw. 2 Artikel gefunden wurden. In der Kombination der vorherig benutzten Keywords mit „three dimensional“ grenzte sich bei den beiden großen Datenbanken die Trefferanzahl weiter ein. Nunmehr zeigte auch „PEDro“ keine Übereinstimmungen mehr an. Da in der Arbeit ein ultraschallbasiertes Messsystem untersucht wurde, erfolgte nun die Kombination mit dem Suchbegriff „ultrasound“. Es konnte jetzt lediglich in „Pubmed“ eine Arbeit gefunden werden.

1.2.3 Beurteilung der Arbeiten

Die Tatsache, dass bei dem oben aufgeführten Suchmodus nur eine Arbeit gefunden wurde zeigt, dass ultraschallbasierte Funktionsanalysen der Kiefergelenke in der Literatur kaum Beachtung gefunden haben. Die einzige Arbeit, die allen Suchbegriffen gerecht wurde veröffentlichten LIPPOLD et al. 2008.

Um dennoch verwertbare Literaturquellen auszumachen, wurde nun im Suchalgorithmus retrograd verfahren. Die SPORTIF-Datenbank allerdings führte auch so zu keinem brauchbaren Ergebnis. Die Kombination „functional analysis“ und „jaw“ (2) bzw. „temporomandibular joint“ (3) ergab bei „PEDro“ insgesamt 5 Treffer. Die Kombination aus „functional analysis“, „jaw“ und „three dimensional“ zeigte in „Pubmed“ 82 und im „ISI Web of Knowledge“ 38 Anzeigen. Mit „functional analysis“, „temporomandibular joint“ und

„three dimensional“ konnten in „Pubmed“ 20 und im „ISI Web of Knowledge“ 22 Papers gefunden werden.

Nach Ausschluss von Duplikaten verblieben 101 Arbeiten. Ausschließlich fremdsprachig veröffentlichte Literatur (6) wurde ebenso ausgeschlossen wie nicht relevante. Den größten Anteil (21) der ausgeschlossenen Quellen stellten Arbeiten zur „Finite Element Analysis“ dar. Diese Methode ist im Ingenieurwesen weit verbreitet, arbeitet mit dreidimensionalen Gitternetzen und wird in der plastischen und implantierenden Chirurgie häufig eingesetzt (Braess 2002).

In der Literatursuche verblieben abschließend noch 5 Veröffentlichungen.

Durch die direkte Suche konnten noch 6 weitere relevante Arbeiten hinzugefügt werden.

Somit kamen 11 Veröffentlichungen zur Auswertung.

Veröffentlichung	Reliabilität	Validität
Edinger 2001	Keine Angaben	Keine Angaben
Bourauel et al. 1995	Keine Angaben	Keine Angaben
Darendeliler 2006*	Keine Angaben	Keine Angaben
Kobs et al. 2007	Ausschließlich Angaben zur Diagnosestellung	Keine Angaben
Lippold et al. 2008*	Keine Angaben	Keine Angaben
Maki et al. 2003	Keine Angaben	Keine Angaben
Terajima et al.2008	Keine Angaben	Keine Angaben

Tab.1: Ergebnisse des Literaturreviews - Angaben zur Reliabilität und Validität, Teil1

** Studie befasst sich mit klinischer Forschung*

Veröffentlichung	Reliabilität	Validität
Danis und Mielenz 1997	Ausgezeichnete Intraraterreliabilität und ausgezeichnete bzw. geringe Interraterreliabilität	Keine Angaben
Dworkin et al. 1990	Ausgezeichnete Interraterreliabilität	
Szentpétery 1993	Keine Angaben	Keine Angaben
Weßling 2000	mäßige bis ausgezeichnete Intraraterreliabilität	Keine Angaben

Tab.2: Ergebnisse des Literaturreviews - Angaben zur Reliabilität und Validität, Teil2

** Studie befasst sich mit klinischer Forschung*

EDINGER veröffentlichte eine Übersichtsarbeit über derzeit marktübliche Systeme zur Funktionsanalyse des Unterkiefers und der Kiefergelenke. Konkrete Angaben zur Reliabilität und Validität der Methoden wurden nicht getätigt. Bezüglich der ultraschallbasierten Analyse gab EDINGER eine „sehr genaue Berechnung der Mundöffnung“ an (Edinger 2001).

BOURAUDEL et al. beschrieben in ihrer Arbeit das funktionskieferorthopädische Magnetsystem nach Vardimon. Dies stellt ein Diagnosesystem dar, was nicht am Patienten, sondern einem artikulatorähnlichem Apparat zur Diagnostik eingesetzt werden kann. Aussagen zur Testgüte wurden nicht getroffen. Es wurden lediglich die Apparatur vor- und computerbasierte Kraftberechnungen angestellt (Bourauel et al. 1995).

In der Veröffentlichung von DARENDELILER wurden Therapieoptionen von mandibulären Malformationen beschrieben. Hierbei wird über Magnete die Endposition des Unterkiefers zum

Oberkiefer beeinflusst und somit eine „magnetic rest position“ eingenommen. Die Studie war eine klinische Untersuchung an Patienten. Ein Diagnosesystem wurde hier nicht untersucht. Die Arbeit lieferte keinen Erkenntnisgewinn hinsichtlich der in der Dissertation bearbeiteten Fragestellung (Darendeliler 2006).

Wie bereits beschrieben, wurde bei der Literaturanalyse nur eine Arbeit allen Suchanfragen gerecht. Im Material- und Methodenteil der untersuchten Veröffentlichung wurden Hinweise auf die ultraschallbasierte Kiefergelenksfunktionsanalyse mittels ARCUSdigma gegeben. Im Rahmen der direkten Suche wurde die Studie von K OBS et al. gefunden (Kobs et al. 2007). Es wurde die Reliabilität des ARCUSdigma-Systems zur Diagnosefindung einer temporomandibulären Kiefergelenkspathologie beschrieben. Die Autoren weisen in der Überschrift nicht darauf hin, dass die Berechnung der Sensitivität und Spezifität erfolgt und damit auf die Reliabilität geschlossen wird. Aus dem Titel wurde dies nicht verständlich. Als „golden standard“ zogen die Verfasser das „Cadiax Diagnostic“-System heran. Die Arbeit befasste sich nicht mit der Unterkieferfunktion, sondern isoliert mit der Möglichkeit mit den untersuchten Geräten eine Diagnose am Kiefergelenk zu stellen. Das stellt einen wichtigen Unterschied zu in dieser Dissertation untersuchten Funktionen dar. Das ARCUSdigma-System wird von Zebris produziert und von der Firma KaVo vertrieben. Der Jaw Motion Analyser mit der WinJaw-Auswertungssoftware der Firma Zebris ist mit Ausnahme einiger kleiner, für die Funktionsweise nicht wichtiger Details, baugleich. Die Verfasser kamen zum Schluss, dass im Vergleich zur Standardmethode das untersuchte System weniger Bewegungen aufzeichnen konnte. Die Nutzung war allerdings sehr viel einfacher. Das ARCUSdigma-System konnte sehr gut bei der Unterscheidung zwischen gesundem und funktionsgestörtem Kiefergelenk eingesetzt werden. Eine Differenzierung, um welche Funktionsstörungen es sich handelt, war nicht gut möglich. Die

Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass das Ultraschallsystem sehr gut zusätzlich bei der Diagnostik eingesetzt werden kann, aber herkömmliche Verfahren nicht ersetzt (Kobs et al. 2007).

Die 2008 erschienene Arbeit von LIPPOLD et al. befasste sich mit der kondylären Analyse bei funktionellem unilateralem Kreuzbiß. Im Teil zu Material und Methoden gab es einen Hinweis auf das ARCUSdigma-System. Dadurch konnte die Veröffentlichung von KOBBS et al. gefunden werden. Angaben zur Testgüte oder gar Reliabilität oder Validität einer genutzten Funktionsanalyse wurden nicht getätigt (Lippold et al. 2008).

MAKI et al. beschrieben 2003 die Möglichkeit dreidimensionale CT Aufnahmen mit der „Finite Element Methode“ und dreidimensionaler Funktionsanalyse zu kombinieren. Daraus ergab sich, gemäß den Autoren, die größte Aussage zur Struktur und Funktion des Kiefersystems. In der Arbeit wurde nicht erwähnt, um welches System es sich bei der Funktionsanalyse handelte. Angaben zu Testgütekriterien wurden nicht veröffentlicht (Maki et al. 2003).

In der Arbeit von TERAJIMA et al. wurde eine vierdimensionale Methode der Analyse der Kieferfunktion beschrieben. Es wurden hier verschiedene Methoden zur Struktur und Funktionsanalyse zusammengeführt. Als Grundlage diente eine dreidimensionale Computertomographie. Dazu wurden über eine geeignete Software ein dreidimensionaler Laserscanner und ein optoelektrisches Analysesystem mit dem Namen „TRI-MET“ eingefügt. Das „TRI-MET“-System verfügt, wie auch das Zebrissystem, über sechs Freiheitsgrade und lieferte sozusagen die Mundöffnung für die Gesamtanalyse. Die Autoren gaben keine Auskunft über die Reliabilität und Validität weder der einzelnen, noch der Gesamtmethode (Terajima et al. 2008).

DANIZ und MIELENZ veröffentlichten 1997 eine Arbeit, in der die Reliabilität des „Mandibular Excursiometers“ untersucht wurde. Dieses Instrument kann manuell die Öffnung und Seitabweichungen

des Unterkiefers messen. Eine Aussage bzgl. der Funktion der Kiefergelenke war nicht möglich. Es stellt ein Messinstrument im engeren Sinne, ähnlich einem Messschieber, dar. Es wurde von einer ausgezeichneten Reliabilität für die Bestimmung der Mundöffnung gesprochen. Der quantitative Nachweis einer Deviation bei maximaler Mundöffnung war gut reliabel. Eine gute Wiederholbarkeit zeigte sich ebenfalls für die Spezifizierung von Deviationen während der Öffnungsbewegung, sowie für den Nachweis einer Deflexion bei maximaler Öffnung und in der Öffnungsbewegung. Die Interraterreliabilität für die quantitative Aussage bzgl. der Deviation bei maximaler Mundöffnung und die Mundöffnung waren ausgezeichnet bzw. gut. Alle anderen Messparameter zeigten eine geringe Wiederholbarkeit. Bei der freien Suche im Internet konnte allerdings kein weiterer Hinweis auf dieses Tool gefunden werden. Lediglich Hinweise auf diese, hier gesichtete Arbeit, sind auffindbar. Man muss davon ausgehen, dass sich dieses Messsystem nicht durchgesetzt hat (Danis und Mielenz 1997).

Die Interraterreliabilität der klinischen Untersuchung von Patienten wurde in der Arbeit von DWORKIN et al. geprüft (Dworkin et al. 1990). Es zeigte sich für die Bestimmung der Mundöffnung und für das Auslösen von Schmerzen bei der Palpation der Muskulatur eine ausgezeichnete Reliabilität. Die Verifizierung von Gelenkgeräuschen bei Kieferbewegungen zeigte sich mäßig reliabel. Die Autoren suchten die Ursachen zum einen bei den Untersuchern, aber ebenso in dem Umstand, dass manche CMD-Symptome selbst nicht reliabel sind. Diese klinischen Symptome beispielsweise waren spontan verändert, ohne dass ein Fehler beim Untersucher zu suchen war. DWORKIN et al. haben eine klinische manuelle Kiefergelenkuntersuchung validiert. Ein Bezug zur Zebrisapparatur lässt sich nicht direkt herstellen (Dworkin et al. 1990).

SZENTPÉTERY untersuchte 1993 die Unterkieferbewegungen. Allerdings wurde nicht die Messmethode evaluiert, sondern die

klinischen Bewegungsparameter. Dabei wurde festgestellt, dass eine große Variabilität der Parameter besteht. Unterschiede zwischen Geschlecht und Alter konnten herausgearbeitet werden (Szentpétery 1993).

Eine Studie, die sich mit dem in der vorliegenden Arbeit benutztem System beschäftigt, veröffentlichten WEßLING et al. 2000. Es wurde das „Cadiax“-System mit der Zebriseinheit verglichen hinsichtlich der Genauigkeit der Bestimmung von horizontaler Kondylenbahnneigung und Bennetwinkel. Die reinen Bewegungsparameter des Inzisalpunktes wurden nicht geprüft. Im Gegensatz zu Kobs et al. 2007 gingen die Verfasser davon aus, dass das „Cadiax“-System keinen „golden standard“ zur Erfassung der oben aufgeführten Parameter darstellt. In den Ergebnissen fanden sich Angaben zu ICC's, die das WinJaw-System einzeln betreffen. Es wurden Vorversuche durchgeführt, bei denen 5 verschiedene Untersucher zwischen mäßiger und ausgezeichneter Reliabilität schwankten. Durchschnittlich zeigte sich eine gute Wiederholbarkeit. Es wurde unterstrichen, dass die Wertigkeit der Messergebnisse sehr vom Untersucher abhängig waren. Beim Vergleich beider Messsysteme sprachen die Untersucher von einer guten Reproduzierbarkeit der Systeme. Für die Bestimmung der horizontalen Kondylenbahn wurden ICC's für das rechte Kiefergelenk von 0,83 und für das linke Kiefergelenk von 0,79 angegeben. Bezüglich des Bennetwinkels ergab sich keine Korrelation. Das besondere an diesem System war, dass beide Apparaturen zugleich angebaut und gemessen haben. Indirekt ließen sich Rückschlüsse zum Messverhalten vom WinJaw-System im Vergleich mit einem Messschieber ziehen. Es zeigte sich beispielsweise die hohe Reliabilität der Zebrismessung. Aber direkte Vergleichsmöglichkeiten zwischen der hier dargestellten Untersuchung von Weßling et al. und der im folgenden aufgeführten Untersuchung ergaben sich nicht (Weßling et al. 2000).

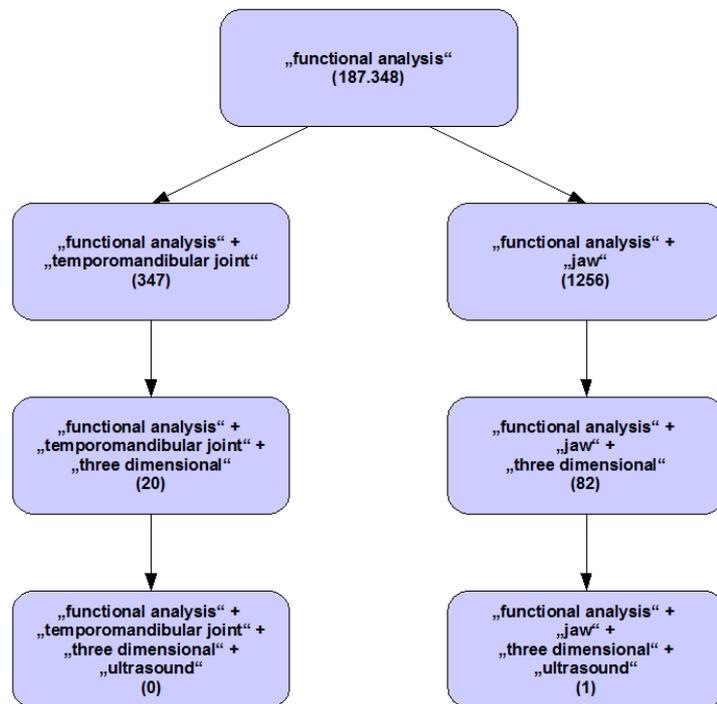


Abb.1: Recherchematrix "Pubmed"

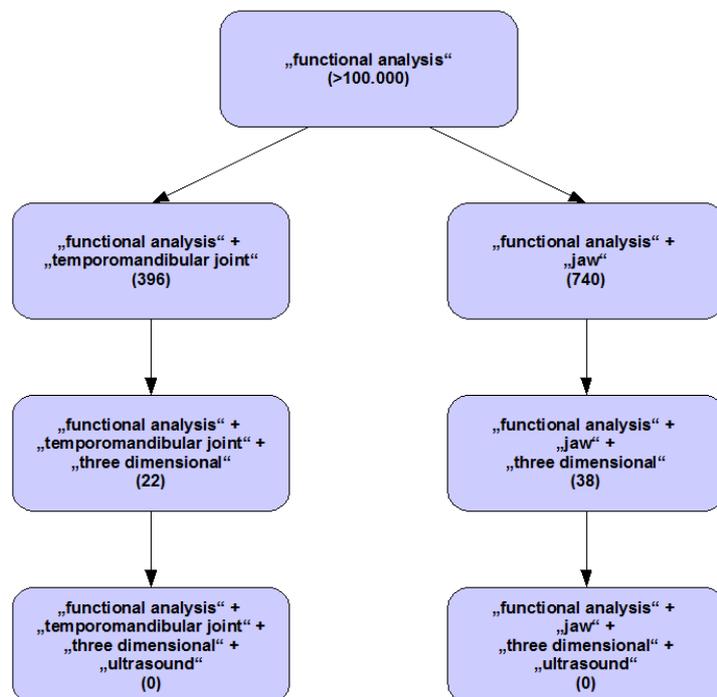


Abb.2: Recherchematrix "ISI Web of Knowledge"

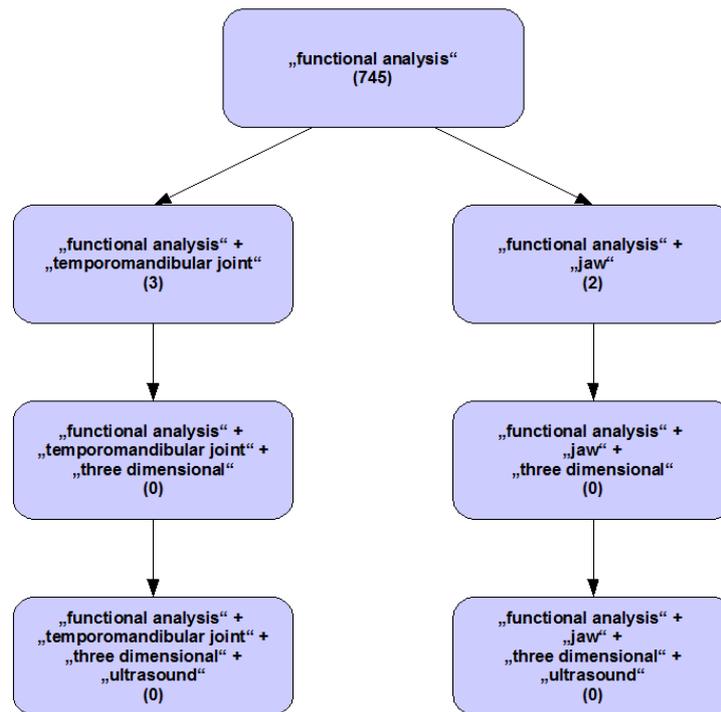


Abb.3: Recherchematrix "PEDro"

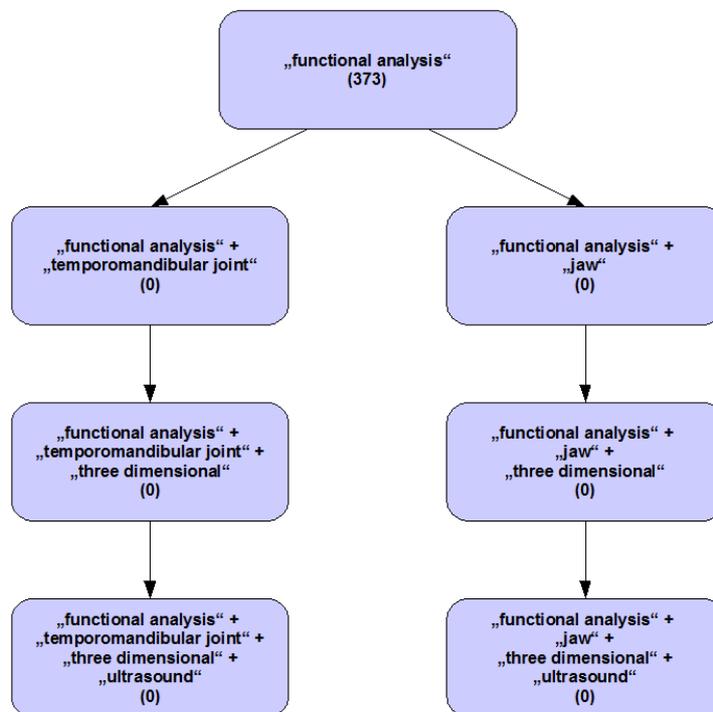


Abb.4: Recherchematrix "SPORTIF"

1.3 Testgütekriterien

Um eine neue Testmethode etablieren zu können, müssen festgelegte Testgütekriterien erfüllt werden. Damit wird sichergestellt, dass die neue Messapparatur überhaupt als Diagnoseverfahren angewandt werden kann. Lienert beschrieb bereits 1969 diese Gütekriterien und stellte fest, dass sie zur Aussage über die Testgüte unabdingbar sind. Von einem wissenschaftlichen Testverfahren im eigentlichen Sinne kann man, laut Lienert, ohne Erfüllung dieser Bedingungen nicht sprechen (Lienert und Ratz 1998). Die Gliederung der zu erfüllenden Parameter erfolgt in Haupt- und Nebenkriterien.

1.3.1 Hauptkriterien

Zu den Hauptkriterien werden die Objektivität, die Reliabilität und die Validität gezählt. Die zeitliche Abfolge der Überprüfung dieser drei Punkte ist nicht abänderbar, da immer ein höheres Niveau an Testgüte erreicht wird und ein Parameter auf den anderen aufbaut.

1.3.1.1 Objektivität

Es wird zwischen Durchführungsobjektivität, Auswertungsobjektivität und Interpretationsobjektivität unterschieden. Bei einer hohen Durchführungsobjektivität ist ein Test unabhängig vom Testdurchführenden. Dementsprechend ist eine Testmethode unabhängig vom Auswerter bzw. Testinterpreten, wenn beide anderen Objektivitätsparameter hoch sind.

Durch Standardisierung und klare Strukturierung, bzw. das Aufstellen konkreter Regeln und Vorschriften und Festlegung von Handlungsabläufen zur Testdurchführung kann man eine hohe Objektivität gewährleisten (Schumacher und Bähler 2004).

1.3.1.2 Reliabilität

Die Reliabilität gibt an wie zuverlässig ein Messverfahren misst, unabhängig davon, ob die Resultate Gültigkeit haben oder nicht. Die Testergebnisse oder Messwerte unterliegen einer gewissen Schwankungsbreite. Je geringer diese Streuung ist, desto höher ist die Reliabilität. Mittels eines Korrelationskoeffizienten kann man die Reliabilität numerisch ausdrücken. Dabei kann der Koeffizient Werte von 0 bis 1 annehmen, wobei ein höherer Wert einer besseren Reliabilität entspricht.

Bei der Retest-Reliabilität wird geprüft, ob der Versuchsaufbau wiederholt möglichst gleiche Ergebnisse liefert. Man kann hierbei trennen zwischen Intrasession-Reliabilität, also innerhalb einer Messserie auftretende Abweichung, und Intersessionreliabilität, im Vergleich zu einer zweiten Messserie mit gleichem Versuchsaufbau und -ablauf auftretender Streuung.

Beurteilt man die Zuverlässigkeit eines Testverfahrens, wenn der Wiederholungstest durch einen zweiten Untersucher oder ein zweites Messsystem erfolgt, spricht man von der Interraterreliabilität.

Im Rahmen der Prüfung der Paralleltest-Methode werden sowohl inhaltlich als auch formal vergleichbare, jedoch mit dem ersten Test keinesfalls identische Items verglichen. Dadurch sollen Lerneffekte und Gedächtnisleistungen aus dem ersten Test ausgeschlossen werden. In psychologischen Untersuchungen werden diese Gütekriterien oft zur Bewertung herangezogen.

Weiterhin gibt es noch die Möglichkeit einen Test zu evaluieren, indem man beispielsweise den gesamten Fragebogen teilt und in zwei ähnliche Gruppen mit ähnlichen Items aufteilt und dann Reliabilitätsuntersuchungen anstellt. Dieses Verfahren wird als Halbierungsmethode (split-half) bezeichnet und kommt wiederum bei schriftlichen Tests zum Einsatz (Schumacher und Bähler 2004).

1.3.1.3 Validität

Das dritte zu prüfende Hauptkriterium ist die Validität. Sie stellt das wesentlichste und damit wichtigste Testgütekriterium dar. Es kann die Gültigkeit der von einem Messsystems gemessenen Parameter nachgewiesen werden. Die Validität gibt an, wie genau ein Verfahren misst, was es vorgibt zu messen.

Kann man ein Testergebnis verallgemeinern und trifft dies auch noch zu, dann hat man eine hohe externe Validität.

Kann man nachweisen, dass bei einem Versuch gemessene Werte dadurch zustande kommen, weil zum Beispiel auf einen Reiz, den der Untersucher setzt, reagiert wurde, dann hat ein Verfahren eine hohe interne Validität.

Beide Möglichkeiten werden oft in der Medizin angewandt. Zum Beispiel wenn von einer Stichprobe auf eine größere Population geschlossen wird, oder andererseits durch ein zugeführtes Pharmakon ein bestimmter Laborparameter geändert wurde. Störgrößen müssen hierbei ausgeschlossen werden, was sehr schwierig sein kann.

Soll von einem Mess- oder Testergebnis eine Prognose abgeleitet werden, spricht man von Prognose- oder Inhaltsvalidität. Es wird dann angegeben, inwieweit prognostiziertes Verhalten, Ereignisse oder andere Entwicklungen eingetreten sind oder nicht (Michel und Conrad 1982).

Die Kriteriumsvalidität erlaubt es dem Untersucher zu überprüfen, wie genau ein Testverfahren ein Untersuchungsergebnis, das zum Beispiel bereits mit anderen Methoden erhalten wurde, wiedergibt. Sozusagen wird ein bereits bekanntes Ergebnis mit einer neuen Methode bestätigt.

Setzt man einen Test in Beziehung zu einem theoretischen Modell, einem Konstrukt, so führt man eine Eigenschafts- oder Konstruktvalidierung durch. Diese Form der Testvalidierung wird nur

sehr selten angewandt (Schumacher und Brähler 2004, Bortz und Döring 2006, Schnell und Hill 2005).

1.3.2 Nebenkriterien

Ebenfalls von Lienert wurden Nebenkriterien, die über die Qualität, die Güte eines Testverfahrens weitere Aussagen treffen, festgelegt. Diese beinhalten eher pragmatisch anzusehende Aspekte eines Testverfahren (Lienert und Raatz 1998).

1.3.2.1 Normiertheit

Kann man einen Test mit seinen Ergebnissen in ein Bezugssystem einfügen, erreicht er eine hohe Normiertheit (Ingenkamp 1997). Sind zum Beispiel durch einen psychologischen Test Aussagen über die "Normalbevölkerung" möglich?

1.3.2.2 Vergleichbarkeit

Ein Verfahren erreicht hierbei hohe Werte, wenn man es mit anderen Tests vergleichen kann. Sind Stichproben der Probanden vergleichbar mit dem zu validierenden Test? Kann man die Ergebnisse bezüglich der aufgenommenen Variablen, zum Beispiel Geschlecht, Alter etc. miteinander vergleichen (Lienert und Raatz 1998)?

1.3.2.3 Ökonomie

Ein Testverfahren kann eine hohe Güte besitzen, aber dennoch kaum eingesetzt werden, wenn der Punkt der Ökonomie vernachlässigt wurde. Es ist zu prüfen wie zeitaufwendig und teuer eine Testanwendung ist. Ist das Verfahren auch auf Gruppen anzuwenden und bequem auszuwerten. Ob es sich also lohnt, den

Aufwand zu betreiben, um ein gewisses Ergebnis zu erhalten (Lienert und Raatz 1998).

1.3.2.4 Nützlichkeit

Bringt die Durchführung des Tests einen Nutzen für den Testanwender bzw. für den Getesteten? Dies kann bedeuten, dass, um ein Ergebnis, welches ungemein wichtig ist, zu erhalten, durchaus eine aufwendige Testprozedur durchgeführt werden kann und dennoch eine hohe Nützlichkeit besteht. Als Paradebeispiel könnte man hier die Arbeitserprobungen bzw. -simulationen nennen, die einen sehr hohen technischen und zeitlichen Aufwand bedeuten, aber für den betroffenen Patienten ein enorm wichtiges Ergebnis liefern können (Lienert und Raatz 1998).

1.4 Das Kausystem

In der wissenschaftlich Literatur wird das Kausystem gern als Kauapparat oder -organ bezeichnet (Freesmeyer 2000, Peroz 2003). Dieser Begriff spiegelt aber nicht die Komplexität wieder, die erreicht wird, um die mannigfaltige Funktionalität zu gewährleisten, die im alltäglichen Benutzen des Systems erbracht wird.

In erster Linie denkt man an das Öffnen des Mundes, welches die Hauptfunktion der Kieferregion darstellt. Doch ebenso ist eine gute Funktionalität des orofazialen Systems eminent wichtig für das Formulieren von Lauten und Worten. Der Klang der Sprache und das Generierung von Lauten wie „O“, „W“ und „S“ sind stark vom Mund und dessen Umgebung abhängig.

Bereits nach der Geburt kommt es bei Kindern mit Spaltbildungen am Gaumen zu Störungen der Saugens. Ohne den aufzubauenden Unterdruck im Mund kann die Ernährung des Neugeborenen nicht ungestört realisiert werden. Der Schluckvorgang wird immer im Mund

eingeleitet, indem die Nahrung durch die Zunge Richtung Pharynx geschoben wird. Ohne diese Funktion ist der Schluckakt stark beeinträchtigt. Ganz zu schweigen von der Notwendigkeit, die Nahrung zuerst zerkleinern zu müssen. Ohne das Kau-system ist dies kaum möglich.

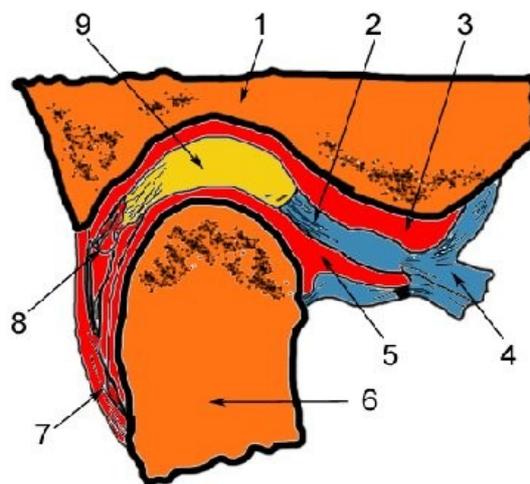
Nicht zuletzt ist die Mundregion ein stark prägender Faktor für das Gesicht und damit auch für das äußere Erscheinungsbild. Patienten können nach Unfällen oder durch Fehlbildungen stark in Ihrer Lebensqualität beeinträchtigt sein, obwohl womöglich eine fehlerfreie Funktion wiederhergestellt wurde. Seelische Störungen können dann das Ergebnis sein.

Im Volksmund spricht man von "verkniffen aussehen". Ein Indiz dafür, dass die orofaziale Region auch Gemütszustände widerspiegeln kann. Lachen und Lächeln, depressiv verzogene Lippen und unbewusste Drohgebärden sind nur einige Beispiele dafür.

1.4.1 Anatomie des Kiefergelenkes

Primär scheint das Kiefergelenk ein einfach aufgebautes Gelenk zu sein. Doch ist seine Funktion sehr kompliziert. Es besteht aus zwei bei geschlossenem Mund nahezu korrespondierenden Partnern, dem Kondylus der Mandibula (Caput mandibulae) mit einer stark konvexen Gelenkfläche und dem untersten konkaven Teil des Os temporale (Fossa mandibularis), also eines Schädelknochens. Nach vorn geht die Fossa in das wiederum konvexe Tuberculum articulare über. Beide Gelenkpartner sind mit Gelenkknorpel überzogen. Zur Optimierung des Gleitverhaltens bei Bewegungen und zum Ausgleichen von Inkongruenzen zwischen den beiden Gelenkflächen, ist ein Diskus zur Vermittlung der Kraftverteilung angelegt. Dieser ist über ein Bandapparat nach anterior mit dem Muskel pterygoideus lateralis verbunden.

Durch den Bandapparat wird der vordere Teil des Kiefergelenkes in eine oberes und ein unteres Kompartiment geteilt. Der posteriore Pol des Diskus interkodylaris ist verbunden mit der bilaminären Zone. Diese kann wiederum in einen superioren und inferioren Part unterteilt werden. Der obere Faseranteil inseriert an der Schädelbasis und der untere am Kondylus. Die oberen Fasern verlaufen eher horizontal und bestehen aus elastischem Bindegewebe.



- 1 Os temporale
- 2 Intermediäre Zone
- 3 Oberes Kompartiment
- 4 Musculus pterygoideus lateralis
- 5 Unteres Kompartiment
- 6 Condylus mandibulae
- 7 Posteriores Band
- 8 Bilaminäre Zone
- 9 Diskus

Abb.5: rechtes Kiefergelenk schematisch quer, eigene Darstellung

Ihre Aufgabe besteht darin eine Rückholkraft bei Vorwärtsbewegungen auf den Diskus auszuüben (Freemeyer 2000, Stelzenmüller und Wiesner 2004). Damit soll eine Vorverlagerung des Diskus vor den Kondylus verhindert und gleichzeitig über die Rückstellkräfte der elastischen Fasern eine Rückführung bei der Schließbewegung des Mundes in die Fossa glenoidalis ermöglicht

werden. Der inferiore Faseranteil ist anfangs entspannt und gibt beim Öffnungsvorgang des Mundes Faserspalt frei, die sich mit Flüssigkeit füllen. Bei maximaler Öffnung spannen sich dann auch die unteren Fasern und begrenzen den Gleit- und damit Öffnungsvorgang. Bei der Rückwärtsbewegung des Kondylus werden diese Fasern wieder entspannt, die Gewebespalten schließen sich und die Flüssigkeit wird ausgepresst. Das führt zu einer Dämpfung der Bewegung und Abpufferung des „Anschlagens“ des Caput mandibulae in der Fossa glenoidalis (Freesmeyer 2000, Stelzenmüller und Wiesner 2004).

Im Wesentlichen wird die Kaumuskulatur durch den N. mandibularis innerviert. Er ist der dritte Ast des N. trigeminus. Die Kerne dieses Hirnnerven reichen nahezu bis zum dritten Halswirbelkörper herab. Die Region vom Okziput bis zum HWK drei werden aus funktioneller Sicht als Kopfgelenke bezeichnet und stellen eine Region mit besonders oft auftretenden Funktionsstörungen dar. Dadurch scheint eine Beeinflussung der neurogenen Funktionen des N. mandibularis möglich zu sein (Lewitt 2006, Schildt-Rudloff und Sachse 2008).

1.4.2 Funktion des isolierten Kiefergelenkes

Der Unterkiefer befindet sich in Ruhelage, wenn eine unbewusste Abstandshaltung in Bezug zum Oberkiefer bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung eingenommen wird. Der früher verwendete Begriff der Ruheschwebelage wird von der Fachgruppe Funktionsdiagnostik innerhalb der DGZMK nicht mehr empfohlen (DGFDT 2009).

Bei der habituellen Interkuspitation (gewohnheitsmäßig eingenommener Zahnkontakt) wirken weder Zug noch Druck auf die Kiefergelenke ein (DGFDT 2009). Die Zähne berühren einander. Der Kondylus steht nahezu mittig in der Fossa articularis. Der Diskus sitzt dazwischen als Vermittler zwischen beiden Knochenteilen. Davon abzugrenzen ist die maximale Interkuspitation. Sie stellt den maximalen Vielpunktkontakt der Zahnreihen dar (DGFDT 2009).

Dieser tritt entweder bei willentlich maximalen Aufeinanderpressen der Zähne, einem Krampfanfall oder dem Schluckakt auf. Eine Öffnungsbewegung wird primär als reine Rotation im Sinne eines Scharniergelenkes ausgeführt. Der Diskus verbleibt in der Ausgangsposition. Im weiteren Verlauf der Öffnungsbewegung reicht die isolierte Rotation zur Erlangung kompletter Mundöffnung nicht aus. Nun gleitet das Kiefergelenkköpfchen auf der vom Os temporale vorgegebenen geschwungenen Bahn nach vorn. Zeitgleich wird durch den Muskelus pterygoideus lateralis der Diskus so positioniert, sodass immer eine ideale Druckvermittlung zwischen den korrespondierenden Gelenkpartnern erfolgen kann. Am Ende der Öffnungsbewegung bleibt der Diskus leicht zurück, da ein Weitergleiten durch maximales Spannen der Fasern im Bereich der bilaminären Zone verhindert wird. Das Kiefergelenkköpfchen rotiert nun nochmals geringgradig und kommt dann in der maximalen Öffnungsposition zum Stehen. Die Fasern der bilaminären Zone nehmen dabei spiralfederähnlich Energie auf, die beim Schließen des Mundes und demnach Rückgleiten des Kiefergelenkköpfchens, eine passive Rückverlagerung des Diskus in die Fossa articularis bewirken. Die im unteren Anteil der bilaminären Zone gelegenen lockeren Bindegewebsfasern füllen sich am Ende der Diskusvorwärtsbewegung mit Flüssigkeit. Damit wirken sie bei der Rückwärtsverlagerung als „gepufferter Anschlag“ bei einseitiger Belastung (Freesmeyer 2000, Stelzenmüller und Wiesner 2004)

1.4.3 Die Mandibula im Bewegungssystem

Die Mandibula verbindet die beiden im eigentlichen Sinne isoliert arbeitenden Kiefergelenke miteinander, sodass eine funktionelle Einheit aus beiden entsteht. Störungen der Funktion gehen daher zumeist zu Lasten beider Gelenke und werden oft an der Inzisalbewegung sichtbar. Bei optimaler Gelenkfunktion beschreibt der Unterkieferknochen bei Öffnen und Schließen in Frontalebene

eine lineare Bewegung und in Sagittalebene eine angedeutete Kreisbewegung. Bei Störungen eines oder beider Kiefergelenke kommt es meist zur Seitabweichung der Inzisalbahn. Definitionsgemäß sprechen wir von einer Deviation, wenn der Unterkiefer am Ende der Öffnungsbewegung in die mittlere Position zurück kehrt. Verbleibt der Unterkiefer bei endgradiger Öffnung zu einer Seite ausgelenkt, nennt man dies Deflexion. Kann man bei der Inspektion der Kieferbewegung keine eindeutige Inzisalbahn erkennen, weil beispielsweise bei jeder Öffnung eine andere Bahn beschrieben wird, so spricht das am ehesten für eine muskuläre Dyskoordination (Buchmann et al. 2008).

In der Mandibula sind die Zähne verankert. Über an den Unterkieferknochen ansetzende Muskulatur wird somit eine Hauptfunktion des craniomandibulären Systems, das Zerkleinern von Nahrung, bewerkstelligt. Bei einseitiger Belastung weicht der entlastete („schwingende“) Kondylus von einer reinen Vorwärtsbewegung ab und vollführt eine Mediotrusion. Den Winkel zur reinen Protrusion bezeichnet man als Bennet-Winkel. Im Mittel liegt er bei 15°-20°.

Im Kausystem nimmt der Unterkieferknochen eine wichtige Rolle ein. Über drei „Säulen“ werden dynamische und statische Arbeitsvorgänge vermittelt, wobei der Vergleich mit einer Waage recht nahe kommt. Der Kopf mit dem Unterkiefer ruht über Atlas und Axis relativ frei gelagert über der Halswirbelsäule. Die supra- und infrahyoidale Muskulatur mit Os hyoideum, Kehlkopf und Mandibula auf der einen und die kurze und lange Nackenmuskulatur auf der anderen Seite fungieren als Zugleinen. Weiter „verzurr“ ist dieses System über die Muskuli sternocleidomastoidei und scaleni. Es wird so einerseits eine hohe Beweglichkeit andererseits auch eine hohe Stabilität gewährleistet (Freesmeyer 2000, Myers und Kathmann 2004, Stelzenmüller und Wiesner 2004, Schildt-Rudloff und Sachse 2008).



Abb.6: Verbindung von Mandibula und HWS

(aus Buchmann J, Smolenski UC, Arens U, Harke G, Kayser R. 2008. Kopf- und Gesichtsschmerzsyndrome - Manual-medizinische Differenzialdiagnose unter Einbeziehung osteopathischer Anschauungen. Manuelle Medizin, 46 (2):82-92.)

1.4.4 Die craniomandibuläre Dysfunktion

Unter craniomandibulärer Dysfunktion (CMD) versteht man Funktionsstörungen jeder Art des Kiefergelenk-Kausystems. Für den Arbeitskreis Epidemiologie der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde sind dies im engeren Sinn „Erkrankungen, die sich wesentlich in der Ätiologie, Progression und Behandlungsbedürftigkeit differenzieren, Diskusverlagerungen des Kiefergelenkes, degenerative und entzündliche Erkrankungen des Kiefergelenkes, die nicht systemisch bedingt sind, und myofasziale

Schmerzen der Kaumuskelatur“ (Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde). Im angloamerikanischen Sprachgebrauch kennt man "temporomandibular disorders" und "craniomandibular disorders". Weitere Synonyma sind nachfolgend aufgeführt (Smolenski 2009).

- DPS = Dysfunktion-Pain-Syndrom
- MPD = Myofascial-Pain-Dysfunktion
- Fascial Pain oder Gesichtsschmerz
- Occluso articular Dysfunction
- Temporomandibular Joint Disturbance
- Functional Disturbances of Masticatory System
- TMJ-Syndrom
- Myoarthropathie (MAP)
- Dysfunktiosyndrom bei Kiefergelenkschmerz
- Myofaszielles Schmerzsyndrom
- Kiefergelenksdysfunktion
- Costen-Syndrom
- Tendomyotisches Syndrom

Es gibt in der Literatur Angaben zur Inzidenz von 44 - 75%. Dabei werden nur rund 20 - 33% symptomatisch und nur 3 - 4% sind behandlungsbedürftig (De Kanter et al. 1993, Gray et al. 1994, McNeill 1997, Magnusson et al. 2000, Nilson et al. 2007, Kopp und Sebold 2008).

Grundsätzlich ist immer von einem multifaktoriellen Geschehen auszugehen. Neben traumatologischen, anatomischen und neuromuskulären Ursachen ist in jedem Fall auch an psycho-soziale Faktoren zu denken (De Boever und Steenks 1991, Winkelmann et

al. 1999). Frühere Theorien, dass Okklusionsstörungen als alleinige Auslöser in Betracht kommen, werden zunehmend kontrovers diskutiert (McNamara et al. 1995, Greene et al. 1999, Sessle 2000, Dibbets und Tunkel 2006).

Funktionsstörungen, wie die der CMD, können bei solch komplexer Ätiologie auch sehr verschiedene Symptome hervorbringen. In den Leitlinien der Leitliniengruppe "Schmerz und Zahnärztliche Anästhesie" (LSAN) der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie spricht man vom „Chamäleon des Gesichtsschmerzes“. Eine CMD kann sich in Form von einseitig auftretenden Schmerzen in Kiefergelenken, Ohren (Otalgie) und Kaumuskulatur mit eventueller Ausstrahlung in Ober- und Unterkiefer, Augenhöhle, Zähne, Stirn, Schläfe, Halsregion und Schulter äußern. Der Schmerz wird zumeist als wechselnd und als abhängig von der Aktivität des Kausystems beschrieben. Hinzu treten können auch Beeinträchtigungen der Funktion des Unterkiefers und des Kauens wie Seitabweichungen des Unterkiefers beim Öffnen und Schließen des Mundes bzw. S-förmige Bewegung bei der Mundöffnung. Kieferklemme und Kiefersperre schwere Formen der Bewegungsstörung sein (De Boever und Steenks 1991, Blank 1998).

Schmerzlose Gelenkgeräusche, Gelenkknacken und -reiben oder unbewusste Fehlfunktionen (Parafunktionen) wie Knirschen (Bruxismus), Zungenpressen, Wangenkauen (Morsikatio) etc. können Ausdruck einer craniomandibulären Dysfunktion sein.

Nicht in jedem Fall bleibt die Funktionsstörung auf das Kiefergelenk allein beschränkt. Über Band- und Sehnenverbindungen oder aber auch muskuläre und fasziale Anbindungen an das übrige Bewegungssystem, kann es zu einer Generalisierung der Funktionsstörungen kommen. Die Symptome sind dann nicht immer sofort der CMD zuschreibbar. So können beispielsweise Funktionsstörungen der Atmung, des Beckens, des Darms und des

Herzens auftreten. PLATO empfiehlt für diesen Fall den Ausschluss reiner Organpathologie durch den jeweiligen Spezialisten und dann die interdisziplinäre Therapie, weil eine alleinige Behandlung der Kiefergelenke nach seiner Ansicht wahrscheinlich keinen Erfolg bringen wird (Plato 2008).

Nicht in jedem Fall ist eine Dysfunktion des Kausystems auch therapiebedürftig. Gelegentlich ergeben sich nach Behandlung von Funktionsstörungen Folgen im Alltag und Beruf, die so nicht absehbar waren. Ein Abwägen von Therapieoptionen ist somit immer sinnvoll (Seidel et al. 2001).

Zur Diagnosefindung und Therapie ist es eminent wichtig, dass Patienten einem erfahrenem Untersucher zugeführt werden, der die Funktionsstörungen erkennt und dann die nötigen Therapieschritte einleiten kann. Primär werden die Patienten bei Zahnärzten, Kieferorthopäden, Neurologen, Schmerztherapeuten oder Hausärzten vorstellig. Von dort sollte eine Überweisung an eine spezialisierte Einrichtung erfolgen. Die Verdachtsdiagnose wird initial aufgrund der Anamnese gestellt. Die klinische Untersuchung weist den Weg zur möglichen Ursache. KOPP empfiehlt primär die führende Ursache für die CMD zu eruieren und diese dann differentialdiagnostisch weiter zu verfolgen (Kopp 2008). Da im Wesentlichen Funktionsdefizite bestehen, sollen diese Störungen möglichst genau analysiert und deren Besserung im Verlauf der Therapie nachgewiesen werden (Freesmeyer 2000, Kares et al. 2003, Stelzenmüller und Wiesner 2004, Köneke 2005). Eine Möglichkeit besteht in der in dieser Arbeit untersuchten Ultraschall basierten topometrischen Kieferfunktionsuntersuchung des von der Firma Zebris hergestellten und vertriebenen WinJaw-Motion-Analyser Systems.

2 Wissenschaftliche Fragestellungen

2.1 Wie reliabel innerhalb einer Untersuchungssitzung ist die Zebrismessung?

Die Bestimmung der Intrasession-Reliabilität lässt Aussagen über die Wiederholbarkeit der Messmethode zu, ohne die Apparatur zu verändern. Rückschlüsse auf Fehler innerhalb des Analysesystems können gezogen werden.

2.2 Welche Reliabilitäten ergeben sich beim Vergleich der Zebrismessungen an 2 verschiedenen Tagen bei gleichen Probanden und Untersucher?

Es wird die Test-Retest-Reliabilität (Intersessionreliabilität) bestimmt, um die Reproduzierbarkeit des Testverfahrens in größerem zeitlichen Abstand beurteilen zu können.

2.3 Wie ist die Validität des Zebris WinJaw-Systems im Vergleich zur manuellen Vermessung der Kiefergelenkbeweglichkeit mittels Messschieber?

Valide Messungen sind essentiell zur Beurteilung eines Messverfahrens. Den „golden standard“ stellt derzeit die manuelle Messung dar. Alle Hauptbewegungen des Unterkiefers werden hinsichtlich der Validität geprüft.

2.4 Welche Schlussfolgerungen ergeben sich aus den gewonnenen Untersuchungsergebnissen?

Die Studie soll wichtige Aussagen zur praktischen Anwendbarkeit der Messmethode liefern.

3 Probanden und Methoden

3.1 Probanden

Es wurden 30 gesunde Probanden untersucht. Die Personen (15 Frauen und 15 Männer) waren zwischen 19 und 45 Jahre alt und wiesen ein Durchschnittsalter von 28,1 Jahren bei einem Median von 27,5 auf.

Die weibliche Probandengruppe hatte ein Durchschnittsalter von 27,1 Jahren mit einem Median von 27. Die jüngste Teilnehmerin war 20 und die älteste 45 Jahre alt.

Die Gruppe der männlichen Probanden war durchschnittlich 28,93 Jahre alt. Der Median betrug 29. Der jüngste männliche Untersuchungsteilnehmer war 19 und der älteste 44 Jahre alt.

Ein Zusammenfassung der Altersdaten findet sich in der folgenden Tabelle.

	MW	M	jüngster Proband	ältester Proband	Anzahl n=
Weibliche Probanden	27,13	27	20	45	15
Männliche Probanden	28,93	29	19	44	15
Gesamtgruppe	28,1	27,5	19	45	30

Tab.3: Altersverteilung der Probandengruppe (n=30)

Alle Versuchsteilnehmer wurden über den Versuchsaufbau, das Ziel und den Ablauf der Untersuchungen ausführlich und verständlich aufgeklärt. Zusätzlich wurde ein im Anhang dargestelltes Informationsblatt ausgehändigt.

Des Weiteren wurden sie darüber aufgeklärt, dass sie jederzeit dazu berechtigt sind, ohne Angaben von Gründen und ohne Nachteile die

Untersuchungen abzubrechen oder zu verweigern. Die ausführliche Aufklärung und das Einverständnis zu der Teilnahme der Studie (siehe Anhang) wurden handschriftlich durch Signatur bekundet. Die Einwilligung der Ethikkommission der FSU Jena lag vor.

Jeder Patient erhielt das Angebot, seine Befunde mit dem Untersucher zu besprechen. Alle Untersuchungen erfolgten am Institut für Physiotherapie des Universitätsklinikums Jena.

3.2 Methoden

3.2.1 Manualmedizinische Untersuchung

Vor der apparativen Untersuchung erfolgte die inspektorische und manualmedizinische Beurteilung der Kiefer- und Halsregion. Der Proband wurde gebeten, den Mund mehrfach mit mittlerer Geschwindigkeit zu öffnen und zu schließen. Dabei wurden eventuelle Abweichungen der Inzisalbahn aus der Medianline registriert (Deflexion, Deviation, Dyskoordination).

Die Grundspannung der zu betrachtenden Muskulatur wurde gemäß der bewährten institutsinternen Einteilung unternommen, die von Professor Callies in den Jahren als Institutsdirektor am Institut für Physiotherapie des Universitätsklinikums Jena entwickelt wurde. Die Spanne reicht hier vom Grad 0 bis zum Grad 4. Die genaue Einteilung ist in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben.

Einteilung nach Callies	Beschreibung
Grad 0	weicher, verspannungsfreier Muskel mit der Möglichkeit Strukturen unter dem zu untersuchenden Muskel deutlich zu tasten
Grad 1	intramuskuläres Palpieren ist bis an die profunde Muskelfaszie heran möglich
Grad 2	Tasten ist bis mittig in das Muskelgewebe hinein möglich
Grad 3	Oberflächlich kann in den Muskel hinein palpirt werden
Grad 4	„bretthart“ verspannter Muskel, ein Palpieren in das Muskelgewebe hinein ist nicht möglich

Tab.4: Einteilung der Grundspannung von Muskulatur nach Callies

Die Beurteilung der Beweglichkeit der HWS erfolgte nach manualmedizinischen Grundsätzen gemäß der NeutralNullMethode. Die Blockierung ist definiert als reversible, hypomobile, artikuläre Dysfunktion (Baumgartner et al. 1993, Schildt-Rudloff und Sachse 2008). Im Kurrikulum der Gesellschaften innerhalb der DGMM können palpative Fähigkeiten erlangt werden, um zwischen freier und gestörter Beweglichkeit beziehungsweise weichem und festem Endgefühl zu unterscheiden.

3.2.2 Grundsätzliches zur Messmethode

Die Zebris WinJaw-Funktionsmessung basiert auf Laufzeitmessung von Ultraschallimpulsen im dreidimensionalen Raum in Echtzeit. Langjährige Anwendung findet dieses Prinzip bei Messsystemen des gleichen Herstellers zur Erfassung der Bewegungsausmaße der Halswirbelsäule, Lendenwirbelsäule und der Ganganalyse (Smolenski et al. 1998, Schreiber et al. 2001, Vogel et al. 2006).

Es werden bei allen Systemen von mehreren Ultraschallquellen Impulse ausgesandt, die wiederum von mehreren Empfängern (Mikrophonen) registriert werden. Ein Analysegerät wertet die unterschiedlichen Laufzeiten der ausgesandten Wellen vom Sender zum Mikrophon aus und gibt diese Information an die auf einem Personalcomputer installierte Software weiter. Durch die unterschiedlichen Ausbreitungszeiten kann die Software die Stellung im Raum der zuvor kalibrierten Messapparatur errechnen. Nach dem gleichen Prinzip arbeitet das GPS-System.

3.2.3 Versuchsaufbau

Das WinJaw-Messsystem besteht aus Hard-und Software, wobei die Hardware im wesentlichen aus einem handelsüblichen PC, dem Motion-Analyser und der eigentlichen Messapparatur mit Ultraschallköpfen und –mikrophonen besteht.

Eine sich über Nasenbein und beiden Os temporale abstützende Schiene zur Aufnahme der Ultraschallmikrophone ist über ein Datenkabel mit dem Motion-Analyser verbunden (Abb. 7 und 8).

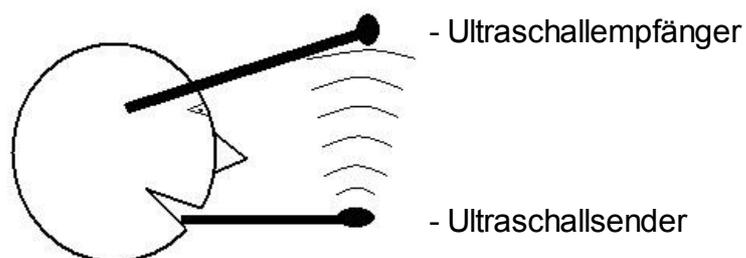


Abb.7: Messaufbau - schematisch, eigene Darstellung

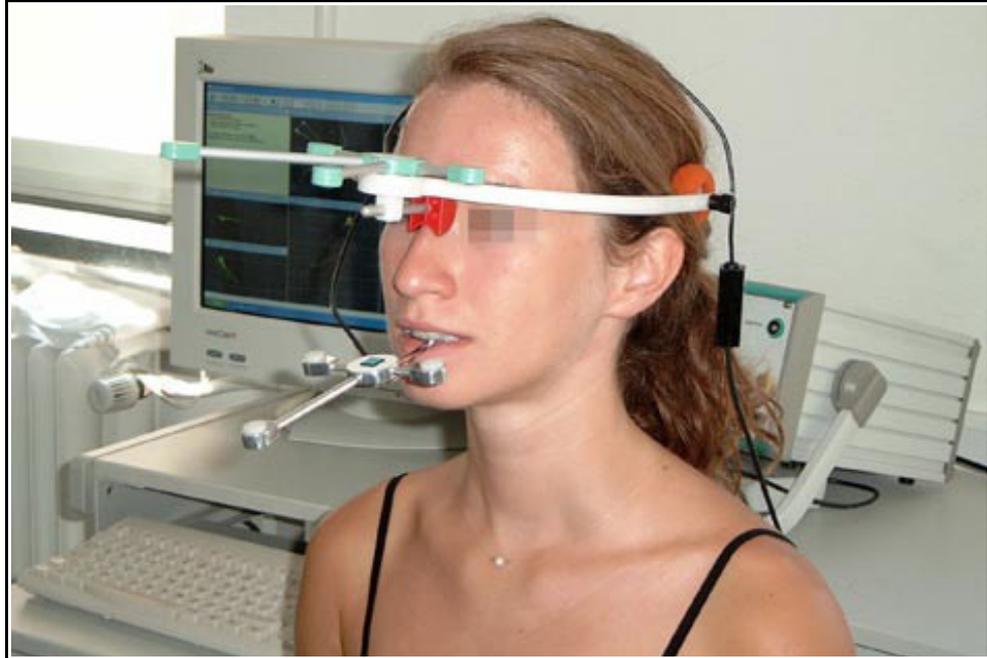


Abb.8: Versuchsaufbau am Probanden

Der Motion-Analyser verarbeitet die ankommenden Impulse in der Art, dass die Zeit zwischen Aussenden und Registrierung der ankommenden Ultraschallwellen gemessen wird und dies mit allen anderen Ultraschallmikrophonen verglichen werden kann. Um Fehlmessungen zu vermeiden, müssen andere hochfrequente Schallquellen unbedingt eliminiert werden. Weiterhin muss der direkte Weg zwischen Sender und Empfänger frei sein. Dies ist für die Gesamtheit der vermuteten Bewegung zwingend erforderlich.

Über eine serielle Schnittstelle ist der Motion-Analyser mit dem PC der Messeinheit verbunden. Die installierte Software kann nun aus den gemessenen Zeiten und den dem System zuvor eingegebenen Fixpunkten die Bewegung des Attachements errechnen. Die Eingabe der Referenzpunkte erfolgt mit Pointern. Die Peripherie der Zebrisapparat zeigt Abbildung 9. Da die an den Zähnen angebrachte Aufnehmerschiene genormt ist, errechnet WinJaw nun die Stellung der unteren Frontzähne im Raum. Durch die hohe Abtastrate von 120 Impulsen pro Minute kann die Bewegung der

Inzisiven am Unterkiefer nachverfolgt werden. Dabei errechnet die Software aus der angedeuteten Kreisbahn, welche die Unterkieferinzisiven beschreiben, die Bewegungsausmaße. Die Messgenauigkeit beträgt laut Hersteller $\pm 0,1\text{mm}$.



Abb.9: Pointer und Ultraschallsender

Es ist möglich im Programm vielfältige Einstellungen zu wählen. So können beispielsweise die Bewegungsabläufe definiert und frei kombiniert werden. Ferner können Abtastrate, Methode der Bestimmung der Kiefergelenkachse und Art der Marker gewählt werden. Diese Einstellungen wurden dann unter dem Projektnamen gespeichert und bei jedem Untersuchungszyklus aufgerufen. Änderungen im Setting innerhalb der Studie fanden nicht statt. In Abbildung 10 ist die Bildschirmansicht des Einstellungsmoduls dargestellt.

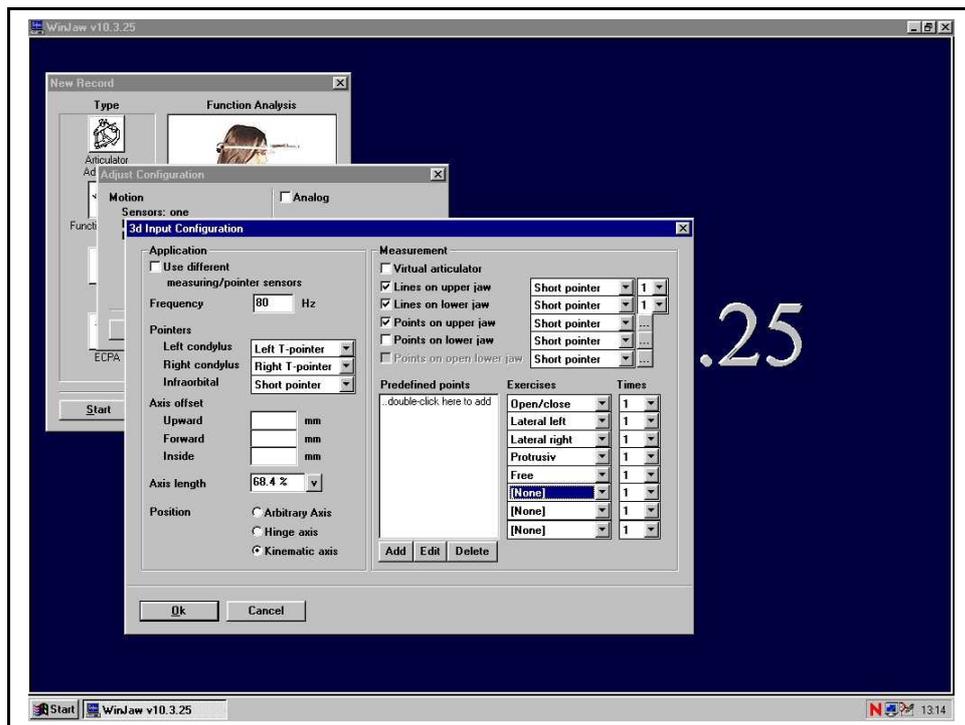


Abb.10: Einstellungsmöglichkeiten in der Software

3.2.4 Versuchsdurchführung

Die Messungen erfolgten an zwei Tagen. Diese lagen exakt 1 Woche auseinander. Der Zeitpunkt der Messung war an beiden Tagen gleich, um eventuelle Tageszeit abhängige Einflüsse ausschließen zu können. Es wurde der Abstand von einer Woche gewählt, um mögliche Lerneffekte auszuschließen, und Veränderungen am Bewegungssystem zu minimieren und damit Änderungen in der „Ausgangssituation“ der Probanden nahezu auszuschließen. Es zeigte sich, dass die Studienteilnehmer auch beim zweiten Messtag eine genaue Anleitung zur Versuchsdurchführung benötigten.

Am Tag eins erfolgte zuerst die Befragung des Probanden hinsichtlich der Ausschlusskriterien. Das Befragungsergebnis wurde in dem dafür vorgesehenen und im Anhang dargestellten Erfassungsbogen dokumentiert.

Bei Eignung der Untersuchungsperson wurde dem Probanden die Messapparatur erklärt und der Versuchsablauf geschildert. Der von der Ethikkommission bestätigte Aufklärungsbogen wurde ausgehändigt. Nach ausreichend Bedenkzeit quittierte der Untersuchte die Aufklärung und gegebenenfalls das Einverständnis zur Teilnahme der Studie.

Der Proband nahm nun auf einem Bürostuhl ohne Armlehnen platz. Dieser Stuhl wurde auch in allen weiteren Versuchen benutzt, um diesbezüglich veränderte Einflüsse, vor allem muskulärer Art, auszuschließen. Mit dieser Festlegung wurde den Empfehlungen aus einer früheren Arbeit von SMOLENSKI et al. 2008 gefolgt. Die Testpersonen saßen aufrecht, angelehnt und mit festem Kontakt beider Füße auf dem Boden. Der Rücken war dem PC-Monitor zugewandt, um visuelle Feedback-Phänomene zu vermeiden. Primär wurden die Öffnungs- und Schließbewegungen inspektorisch beurteilt. Es erfolgte nun die manualmedizinisch-palpatorische Untersuchung der Kiefer- und Halsregion. Die ermittelten Befunde wurden in den dafür vorgesehenen Untersuchungsbogen eingetragen (siehe Anhang).

Mit einem handelsüblichen Messschieber aus Kunststoff (Abb.11) wurden die Bewegungsausmaße des Unterkiefers im Bezug zum Oberkiefer ermittelt. Im speziellen waren dies: Öffnen, Protrusion, sowie Laterotrusion nach rechts und links. Diese Werte galten später als Referenzwerte für die Zebrismessung.



Abb.11: Messschieber zur manuellen Vermessung der Unterkieferbewegungsausmaße

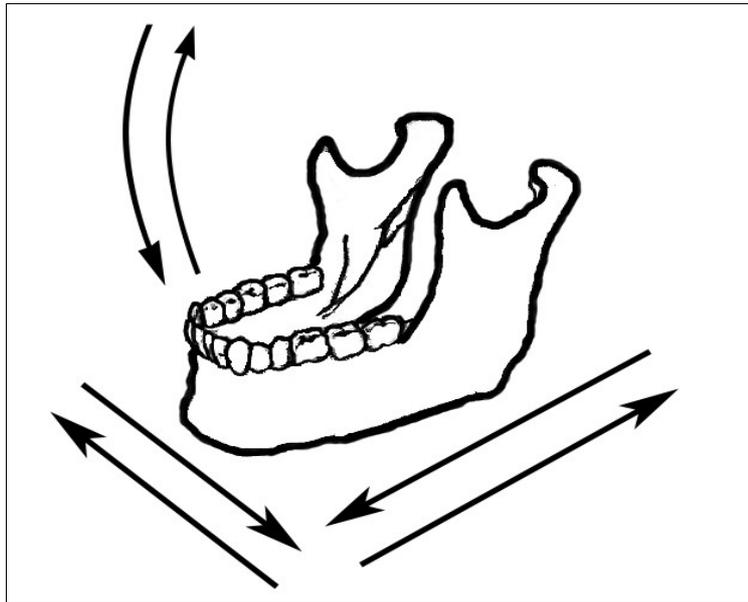


Abb.12: Bewegungsrichtungen des Unterkiefers, eigene Darstellung

Bei geschlossenen Zahnreihen erfolgte mit einem Marker eine Kennzeichnung der Zähne, an der dann die Maße abgenommen wurden. Zusätzlich zu o.g. Messwerten wurden die Distanz der Frontzähne des Ober- und Unterkiefers zueinander (Overjet) und das Maß der Überlappung der Frontzahnreihen (Overbite) gemessen und in den Untersuchungsbogen eingetragen.

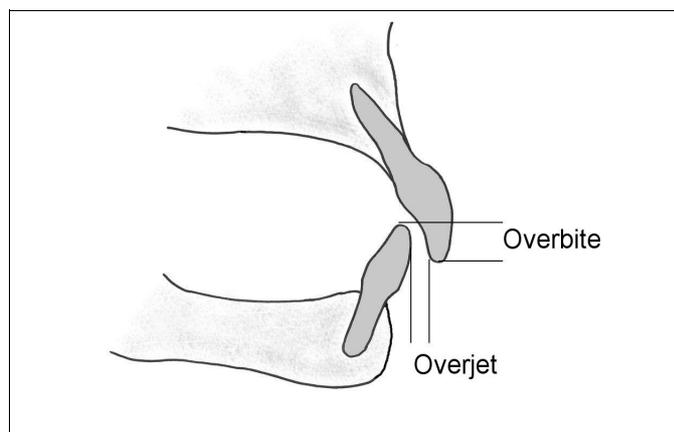


Abb.13: Overbite und Overjet, eigene Darstellung

Nun wurde das Ultraschallsystem für die Messungen vorbereitet und die Trägerschiene für die Ultraschallsender mit einer Zange möglichst genau an die Unterkieferzahnreihe anmodelliert.

Die Gingivaverhältnisse berücksichtigend, konnte man die spätere Position der Schiene am Zahn beurteilen. Eine vollständige Okklusion war hierbei sicherzustellen, um zu sehen, ob dabei der Ultraschallapparat störungsfrei ohne Zahnfleischkontakt am Unterkiefer angebracht werden kann. War dies nicht der Fall, wurde die störungsärmste Position an der Unterkieferzahnreihe abgeschätzt. In der Mischpistole wurden nun die zwei Komponenten des ProTemp-Zements miteinander vermischt und auf der Halteschiene, diese vollständig bedeckend, aufgebracht. Im folgenden Arbeitsgang konnte man mit leichtem Druck den ProTemp-Saum in der zuvor abgeschätzten Position an die Zähne pressen. Dabei sollte immer ein wenig Material zwischen Metall und Zahn sein. Es zeigte sich, dass eine korrekte sagittale Ausrichtung nicht nötig war. Das System errechnete durch Kalibrierung eine Ausgangsposition, welche allein über ein korrektes Messergebnis entscheidet. Man sollte versuchen, Unregelmäßigkeiten in der Zahnreihe als zusätzliche „Verankerungspunkte“ durch Vergrößerung der Oberfläche zu nutzen. Nach wenigen Sekunden begann die Modelliermasse auszuhärten. Es bedurfte ein wenig Erfahrung den rechten Zeitpunkt zum Abnehmen des Abdrucks zu erkennen. Das Material sollte noch nicht komplett ausgehärtet sein, durfte sich beim Abnehmen aber auch nicht mehr wesentlich verformen. Bevor die vollständige Aushärtung erfolgt war, mussten nun Überstände, die eventuell die Bewegungsvorgänge behindern konnten, mit einem Messer oder Skalpell vorsichtig entfernt werden. Etwaige ProTemp-Reste wurden aus der Zahnreihe entfernt, während der Zahnabdruck vollständig auspolymerisiert. Jetzt konnte der regelrechte Sitz der Schiene überprüft werden. In der Regel klickte die erstarrte Masse regelrecht in die Unterkieferzahnreihe ein. Störungen des

erwünschten Zahnkontakts wurden nun sichtbar und mussten durch Anfertigen einer neuen Schiene nach Möglichkeit behoben werden. Nicht in jedem Fall war dies möglich. Die Ultraschallempfänger wurden nun auf das Nasenbein und beidseitig parietal am Schädel aufgesetzt. Am PC wurde die WinJaw-Software gestartet.

Im nächsten Arbeitsschritt mussten vorgegebene Punkte des Gesichtsschädels des Probanden mittels den an die Ultraschallsendeeinheit angebrachten genormten Markern in das System eingegeben werden. Es war dabei zu beachten, dass immer alle drei Ultraschallsender aktiv waren. Auf dem WinJaw-Screen erkannte man den Sender-Empfänger-Kontakt dadurch, dass das Empfängersymbol von rot zu grün wechselte. Die zu markierenden Punkte waren die Drehpunkte der Kiefergelenke, eine Fossa infraorbitalis sowie der Inzisalpunkt.

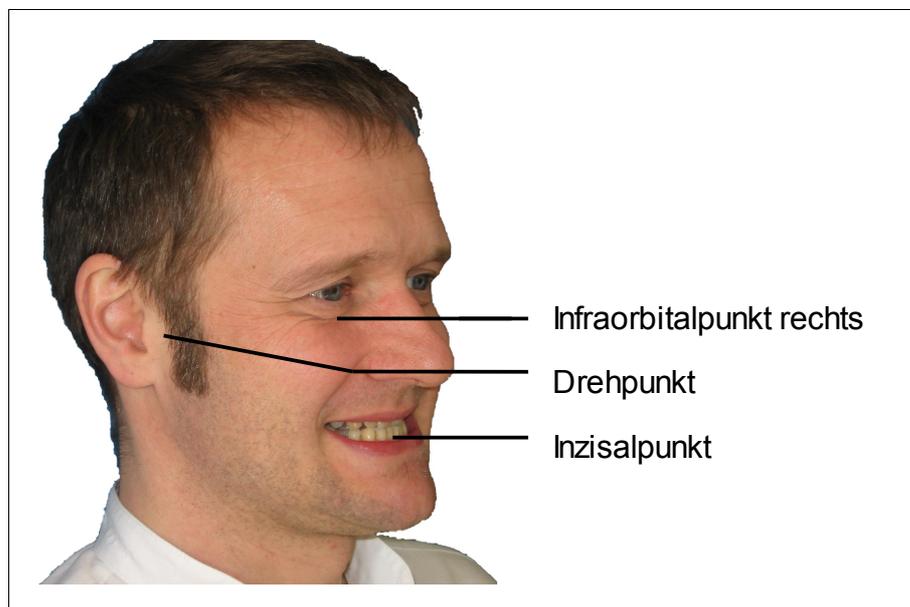


Abb.14: für die WinJaw-Untersuchung notwendige Markerpunkte

Bei leichtem Bewegen des Unterkiefers, konnte man gut das Gelenkköpfchen tasten und dessen Mitte sehr genau eingeben.

Welche Infraorbitalgrube man wählte, war nicht entscheidend, weil die Software selbstständig erkannte, auf welcher Seite man sich befand. Nach erfolgreicher Eingabe wurde der Untersucher aufgefordert, die Markierung der Orientierungspunkte zu bestätigen. Im Rahmen von Vorversuchen hat es sich als günstig erwiesen, mit dem Probanden die geplanten Untersuchungsbewegungen ohne angebaute Ultraschallsendeeinheit zu üben. Bei der apparativen Untersuchung war es im Gegensatz zur manuellen Vermessung möglich, auch dynamische Messungen und damit Bewegungsabläufe zu erfassen. Es wurde das maximale Kreisen des Unterkiefers in Frontal- und Sagittalebene registriert. Da dies keine Alltagsbewegungen sind und einen hohen koordinativen Anspruch an das Kausystem der Probanden stellt, ist hier genug Zeit zum Üben im Untersuchungsablauf zu berücksichtigen.

Anschließend wurde beidseitig bukkal je ein Papierröllchen in das Vestibulum oris eingebracht, damit bei auftretender Salivation der Speichel aufgesaugt werden konnte.

Nun wurde die bereits passgenau angefertigte Unterkieferschienen mittels HistoAcryl-Klebstoffes an der Unterkieferzahnreihe angeklebt. Es war unbedingt zu vermeiden, dass Kleber mit dem Zahnfleisch der Probanden in Berührung kam, da dies beim Lösen der Schiene zu Verletzungen hätte führen können. Vor dem Ankleben war es notwendig, die betroffenen Zähne trocken zu reiben. Ohne diese Maßnahmen löste der Speichel das Ultraschallsystem vom Unterkiefer. Klebte die Schiene sicher, konnte sie mit den Ultraschallsendern vorsichtig verbunden werden. Das Messsystem wurde nun kalibriert und damit „auf Null gestellt“. Selbst kleinste Bewegungen des Unterkiefers des Probanden waren nun auf dem Bildschirm in Echtzeit zu verfolgen.



Abb.15: von der WinJaw-Software konstruierter Schädel in der Funktionsmessung; Bildnachweis: Zebris Bilderpool, Bildquelle: Zebris Medical GmbH

Der Untersucher stand frontal vor der Testperson und führte so durch den eigentlichen Untersuchungsgang. Vor jedem Bewegungsablauf war die Aufzeichnungsfunktion der WinJaw-Software zu starten. Durch die Position des Testleiters war es möglich, den PC-Monitor zu beobachten und dem Probanden die aktuell geforderten Bewegungen anzuzeigen. Es konnte sofort beurteilt werden, ob der volle Bewegungsumfang des Unterkiefers erreicht wurde oder nicht. Es sollten drei aussagekräftige Aufzeichnungen erfolgen. Trotz Übens eventuell aufgetretene Unsicherheiten und damit nicht optimal ausgeführte Unterkieferaktionen konnten im Nachgang in der Software ausgeblendet werden. Nun wurden die Daten gespeichert und ohne Veränderungen an der Apparatur durchlief der Versuchsteilnehmer zwei weitere Testbatterien.

Nach Beendigung des Testablaufs wurden Ultraschallsender und -empfänger abgebaut und die angeklebte Schiene durch sanfte alternierende Wackelbewegungen von der Frontzahnreihe abgelöst. Eventuelle Kleberreste wurden durch eine Zahnbürste vom Probanden beseitigt. Abschließend erfolgte die Desinfektion aller mit dem Patienten in Kontakt gekommenen Instrumentarien.

1 Woche später erfolgte der Retest. Erneut wurden die Funktionsparameter manuell erfasst. Entsprechend der Verfahrensweise vom ersten Testtag wurden die Untersuchungsschritte mit dem Probanden besprochen, geübt und nach Anbau und Kalibration des Messsystems begann die 3-D-Funktionsanalyse.

3.2.5 Erhebung der Zebrisdaten

Sind die Untersuchungen beendet, kann man die gewonnenen Daten auswerten. Wie bereits beschrieben, können innerhalb der WinJaw-Software Bewegungssequenzen ausgeblendet werden, die nicht in die automatisierte Auswertung eingehen sollen. Abbildung 16 zeigt einen Ausschnitt, den das Programm ausgibt, um die Bewegungen auch später noch nachverfolgen zu können. Es ist dann möglich gezielt nur einzelne Passagen zu betrachten. Mit dem Cursor kann ein Balken über die aufgezeichneten Bewegungslinien verschoben werden und somit die Auslenkung in allen drei Achsen abgelesen werden.

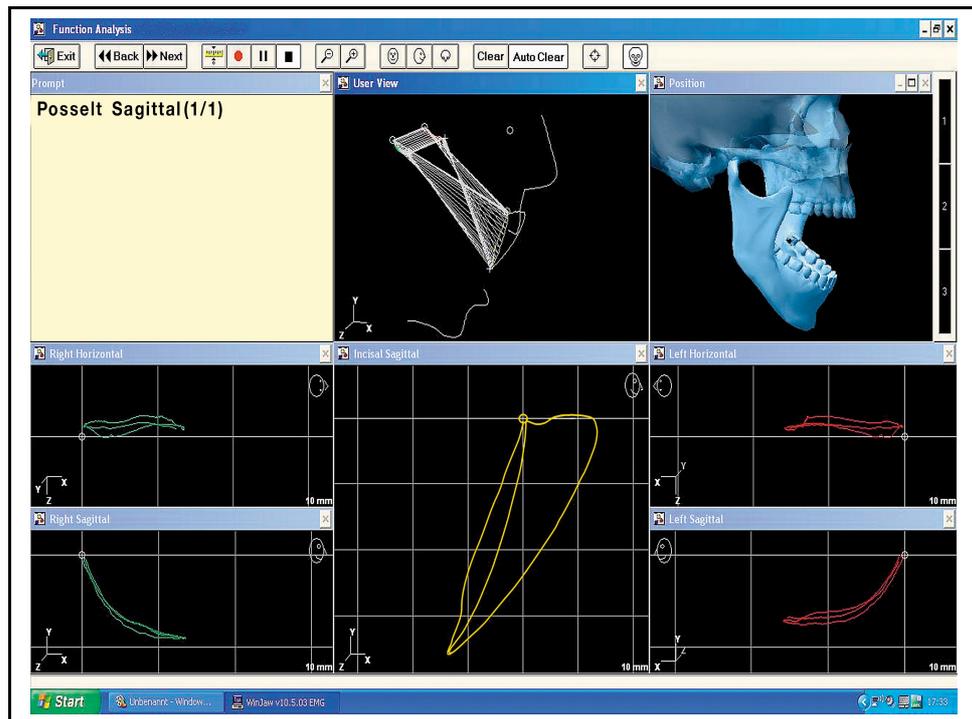


Abb.16: Software-Ansicht während der Untersuchung; Bildnachweis: Zebris Bilderpool, Bildquelle: Zebris Medical GmbH

Sind die Bewegungsabschnitte gewählt, können über die integrierte Reportfunktion die Auswertungsdaten erhalten werden. Lediglich die Protrusion wurde per Hand an den erhobenen Daten als Mittelwert ausgegeben.

Auf der Seite 1 des Reports sind Bewegungsausmaße, die stilisierten Kondylenbahnen, sowie die Posselt-Diagramme für die Bewegungslinien des Inzisalpunktes dargestellt. Seite 2 zeigt Winkelgeschwindigkeiten der Kondylen. Diese sind verschieden dargestellt. Besonders aussagekräftig sind die Darstellungen in der Mitte der Seite, wo graphisch die Winkelgeschwindigkeit der Kondylen bei der Öffnungsbewegung durch unterschiedliche Abstände der Linien verdeutlicht werden (Abb. 17 und 18).

Die eingekreisten Teile des Reports konnten zur späteren Auswertung direkt genutzt werden.

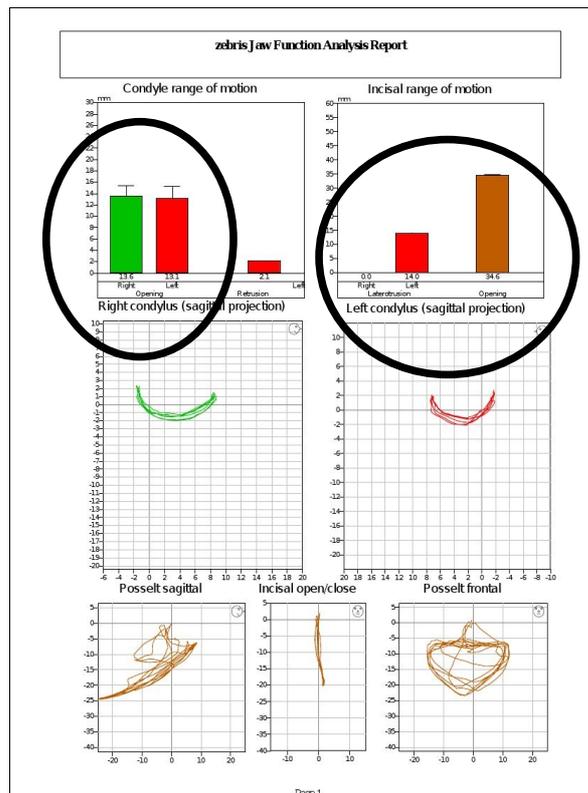


Abb.17: WinJaw-Report, Seite 1

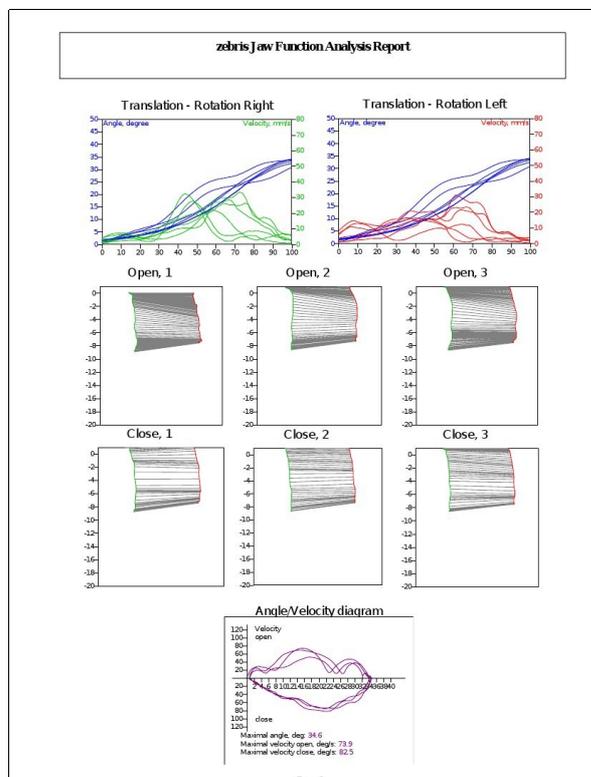


Abb.18: WinJaw-Report, Seite 2

3.2.6 Statistische Auswertung

Die statistische Bearbeitung der Ergebnisdaten und die graphische Darstellung erfolgte unter Zuhilfenahme der Computerprogramme OpenOffice Calc und Writer sowie SPSS 16.0.

Da in der Untersuchung ein relativ geringer Stichprobenumfang mit $n=30$ betrachtet wurde, erfolgte vor Auswahl der Tests die Prüfung auf Normalverteilung. Zur Analyse wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test herangezogen (Bühl 2008). Angegeben wird die Irrtumswahrscheinlichkeit p . Ist $p < 0,05$ liegt eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung vor. Das heißt, liegen die errechneten Werte darüber, besteht eine hinreichende Normalverteilung.

Die dreidimensionale Zebris-Analyse wurde mit der manuellen Messung verglichen. Der empirische Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson gilt als geeignetes Maß zur Bestimmung der Validität für metrische Daten als Zusammenhangsmaß (Fahrmeir et al. 2004).

Dieser Koeffizient kann die Werte -1 bis 1 annehmen. Dabei ist der Zusammenhang gegensinnig, wenn negative Werte vorliegen und gleichsinnig bei positivem Ergebnis. Kein Zusammenhang zeigt sich, wenn Null das Ergebnis ist. FAHRMEIER et al. sprechen bei Werten $< 0,5$ von einer schwachen Korrelation, bei Werten zwischen $0,5$ und $< 0,8$ von einer mittleren und bei Werten über $0,8$ von einer starken Korrelation (Fahrmeier et al. 2004). Diese Einteilung erscheint sehr grob, weswegen auf die ebenfalls gängige Einteilung nach BÜHL zurückgegriffen wurde (Bühl 2008).

Tabellarisch ist die Einteilung im Folgenden zusammengefasst.

Korrelationskoeffizient	Bewertung
0 – 0,2	Sehr geringe Korrelation
0,21 – 0,5	Geringe Korrelation
0,51 – 0,7	Mittlere Korrelation
0,71 – 0,9	Hohe Korrelation
0,91 – 1	Sehr hohe Korrelation

Tab.5: Beurteilung des Korrelationskoeffizienten nach Bühl

Die Testung auf Signifikanz erfolgte zweiseitig mittels t-Test nach Student für normalverteilte voneinander unabhängige bzw. abhängige Stichproben. Das zu erreichende Signifikanzniveau wurde auf 5% ($p=0.05$) festgelegt.

Die Beurteilung der Reliabilität der Zebris-Messung erfolgt über die Intra- und Intersessionreliabilität. Die Intrasessionreliabilität betrachtet die Übereinstimmung innerhalb eines Messtages, wogegen die Intersessionreliabilität beide Messtage miteinander vergleicht. Dazu wurde der IntraklassenKorrelationsKoeffizient (ICC) bestimmt. Er ist ein Maß für den Zusammenhang von Merkmalen innerhalb einer Klasse. Mit dem ICC kann die Zuverlässigkeit angegeben werden mit der klinische Befunde übereinstimmen (Hartung et al. 1999).

Der ICC kann einen Wert von 0 bis 1 annehmen. Es wird die geläufige Einteilung nach LANDIS und KOCH verwendet. Tabelle 6 zeigt die Graduierung (Landis und Koch 1977, Wirtz und Caspar 2002, Bühl 2008).

ICC	Beurteilung
0 - 0,2	Schlechte Reliabilität
0,2 - 0,4	Geringe Reliabilität
0,41 - 0,6	Mäßige Reliabilität
0,61 - 0,8	Gute Reliabilität
0,81 - 1,0	Ausgezeichnete Reliabilität

Tab.6: Beurteilung des ICC nach Landis und Koch

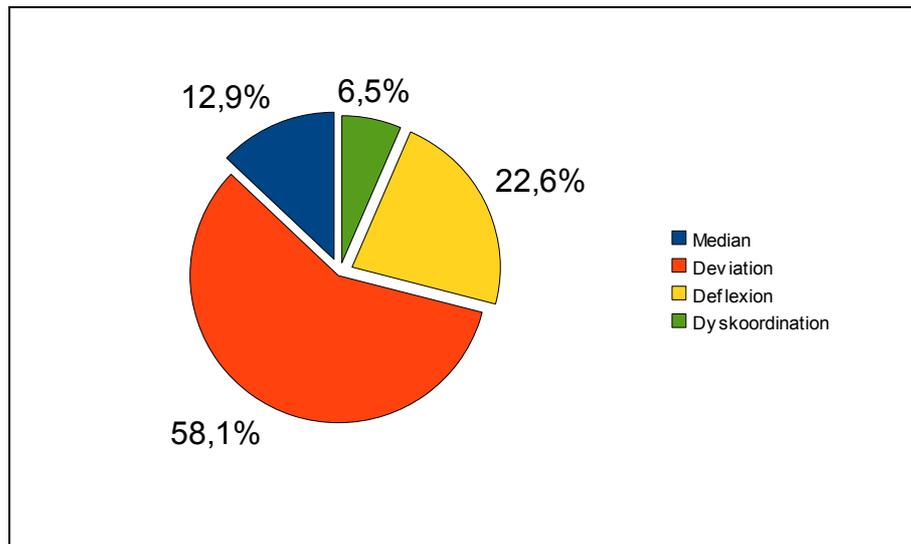
4 Ergebnisse

Vor Beginn der Auswertung erfolgte die Testung auf Normalverteilung (Bühl 2008). Es zeigte sich, dass die Werte aller untersuchten Variablen und Messungen hinreichend normal verteilt sind.

4.1 Ergebnisse der manuellen Untersuchungen

4.1.1 Inspektion und manualmedizinische Untersuchung

Bevor die Probanden einer Untersuchung unterzogen wurden, erfolgte die Inspektion der Öffnungs- und Schließbewegung des Unterkiefers. In der Gesamtheit wiesen lediglich 13,3% eine median verlaufende Inzisivenbahn auf. Alle anderen Personen zeigten Normabweichungen. Den mit 60% größten Teil der Gruppe stellten die Deviationsbewegungen. Dabei zeigte sich, dass zwei Drittel der untersuchten Männer solch eine Bewegungsabnormität aufwiesen. In der Gruppe der weiblichen Probanden waren dies mit 53,3% lediglich knapp mehr als die Hälfte. Einer Deflexionsbewegung folgte der Unterkiefer bei 23,3% der Untersuchten. Bei 2 Personen (je eine Frau und eine Mann) ließ sich eine dyskoordinierte Inzisalbewegung diagnostizieren.



Diagr.1: Verteilung der Bewegungsstörungen der Inzisalbahn

Bei sämtlichen Probanden wurde nach der „Neutral-Null-Methode“ die Beweglichkeit der Halswirbelsäule untersucht. Die Hauptbewegungsfunktionen Extension/ Flektion, Seitneige nach rechts und links sowie die Rotation nach rechts und links wurden erfasst. In der folgenden Tabelle sind die Bewegungsparameter aufgelistet.

	Extension	Flexion	ROM Ex/Flex	SN re	SN li	ROM SN	Rot re	Rot li	ROM Rot
MW	82,2	50	132,2	43,2	42,5	85,7	85,3	85,8	171,2
M	87,5	45	130	45	45	90	87,5	90	175
SD	13,3	10,5	17,8	5,2	6,8	9,2	5,9	5,9	10,6
1.Qu	80	45	125	40	40	75	80	81,3	165
3.Qu	90	50	140	45	45	95	90	90	180
Varianz	177	112,1	316,7	26,7	46,1	84	34,4	34,6	113,3

Tab.7: Auswertung der Bewegungsuntersuchung der Halswirbelsäule

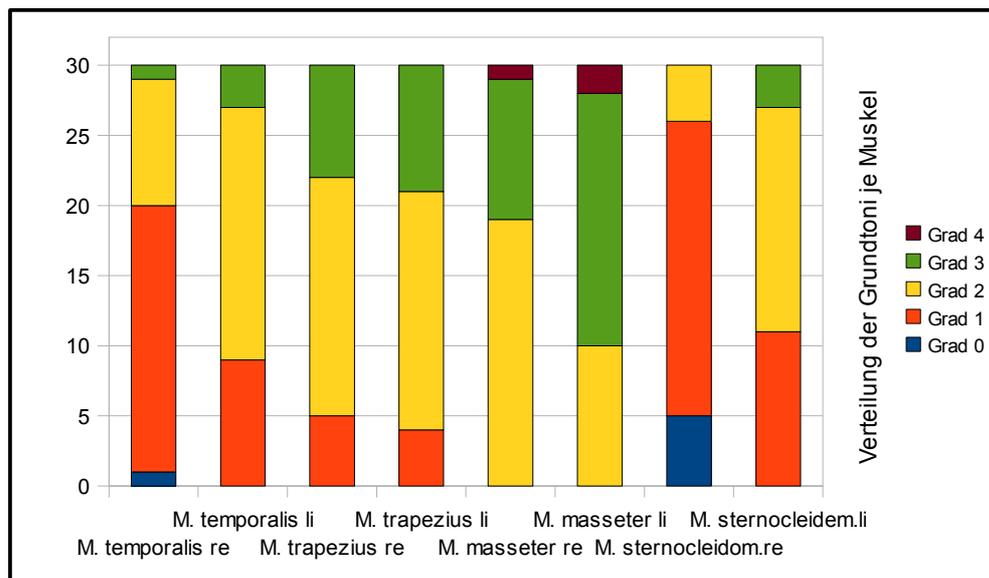
Bei der passiven orientierenden Funktionsprüfung der Halswirbelsäule zeigte sich bei 90% der untersuchten Personen hinsichtlich der Beugung und Streckung der Halswirbelsäule keinerlei Einschränkungen. 10% zeigten eine Funktionsstörung. Schmerzen traten nicht auf. Uneingeschränkte und schmerzlose Seitneige hatten 70% der Probanden. Bei 30% der Testteilnehmer wurde die Seitneige endgradig „fest“ palpirt. Schmerzen traten hier ebenfalls nicht auf. Die Rotationsprüfung ergab bei 83,3% keine Funktionspathologien. Bei 10% der Untersuchten ließ sich am Ende der passiven Bewegungen ein harter Anschlag und damit ein „festes“ Bewegungsende feststellen. Jeweils 3,3% der Probanden berichtet bei der Untersuchung über Schmerz ohne Funktionsstörung bzw. über Schmerz mit Funktionsstörung. Eine Zusammenfassung der erhobenen Daten ist in Tabelle 8 dargestellt.

	Palpation und Schmerz			
	keine Funktionsstörung	Funktionsstörung	Schmerz	Schmerz + Funktionsstörung
	n	n	n	n
Ex/ Flex	27	3	0	0
SN	21	9	0	0
Rot	25	3	1	1

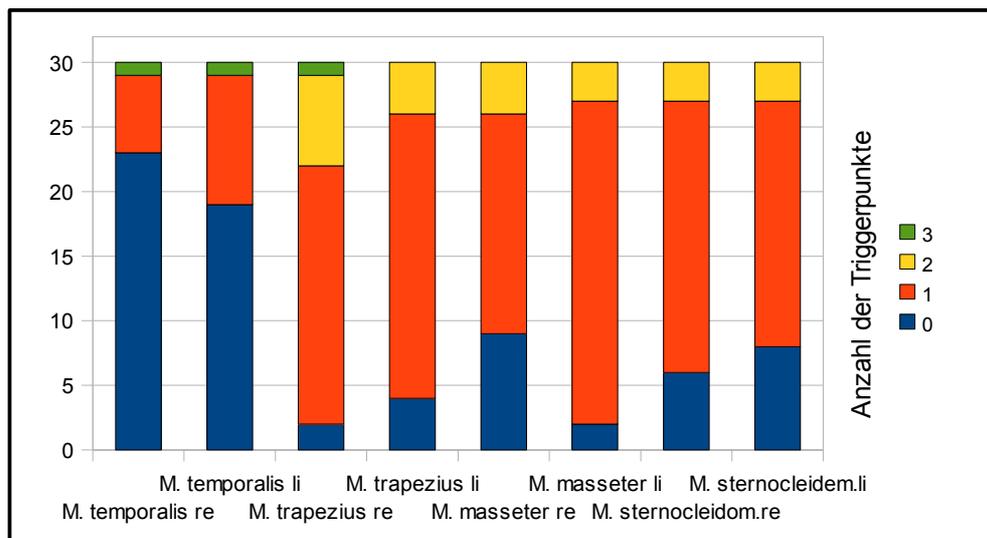
Tab.8: manuelle HWS-Untersuchung

Die palpatorische Untersuchung der Muskulatur ergab die folgend aufgeführten Werte. Es wurde die Gesamtpopulation hinsichtlich Muskeltonus, Anzahl der myofaszialen Triggerpunkte und der Aktivität der einzelnen Muskeln bei fester Okklusion betrachtet. Beim festen Zubeißen zeigte sich, dass der M. temporales beidseitig immer aktiviert wurde, der M. trapezius aber bei keinem Probanden seinen Spannungszustand änderte. Der M. masseter rechts nahm

bei 28 und links bei 29 Personen aktiv am festen Biss teil. Der M. sternocleidomastoideus kontrahierte sich rechts bei 3 und links bei 2 Probanden. Die dargestellten Tabellen zeigen nach Seiten und Muskelgruppen getrennt, bei wie viel Studienteilnehmern der Grundtonus einen Wert von Null bis Vier nach Callies betrug und bei wie viel Personen die jeweilige Triggerpunktanzahl zu finden war.



Diagr.2: Verteilung der Grundtoni je Muskel, n=30



Diagr.3: Verteilung der Triggerpunktanzahl je Muskel, n=30

4.1.2 Manuelle Vermessung der Unterkieferbeweglichkeit

Die manuelle Vermessung der Bewegungsausmaße des Unterkiefers stellte bislang den „golden standard“ hinsichtlich der Funktionsuntersuchungen am Kiefer dar. Es wurden die Werte für das Öffnen, das „Nach-vorn-Schieben“ (Protrusion) und für das Seitwärtsgleiten (Laterotrusion) nach rechts und links des Unterkiefers ermittelt. Diese Messung wurde am zweiten Untersuchungstag wiederholt. Die statistischen Daten sind im Folgenden tabellarisch dargestellt.

	Min	Max	MW	M	SD	1.Qu	3.Qu	Var.
Öffnen	40	67	49,3	48	6,7	44	53,5	44,7
Protrusion	0	8	4,9	5	1,8	4	5,8	3,4
Laterotr. re	6	15	10,5	10	2,0	9	12,0	3,9
Laterotr. li	5	15	9,7	10	2,2	8	10,8	4,8

Tab.9: Bewegungsmaße Unterkiefer in mm, manuell, Tag 1

	Min	Max	MW	M	SD	1.Qu	3.Qu	Var.
Öffnen	40	67	49,0	47	6,8	44,3	53,5	45,7
Protrusion	0	8	5,0	5	1,8	4,0	6,0	3,3
Laterotr. re	6	15	10,4	10	2,0	9,0	12,0	4,0
Laterotr. li	5	14	9,8	10	2,1	8,3	10,8	4,3

Tab.10: Bewegungsmaße Unterkiefer in mm, manuell, Tag 2

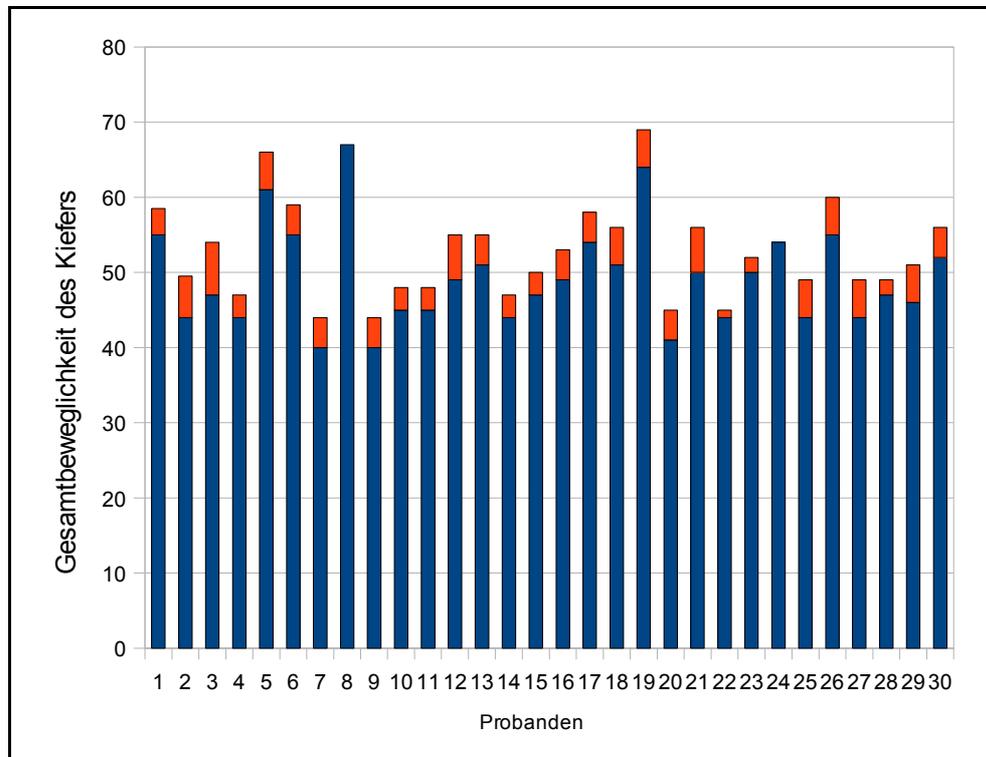
4.1.3 Gebissmaße

Ebenfalls mittels Messschieber und Bleistift können Maße gewonnen werden, die zur Charakterisierung des Bisses dienen. Aufgenommen wurden das Überlappen der oberen über die untere Zahnreihe (Overbite) sowie der Abstand der Inzisiven bei geschlossenem Mund (Overjet). Beim direkten Aufeinanderbeißen beider Inzisivenkanten würden beide Größen den Wert Null annehmen.

	Overbite		Overjet	
	Messtag1	Messtag2	Messtag1	Messtag2
MW	3,8	3,8	3,2	3,3
M	4,0	4,0	3,0	3
SD	1,7	1,7	1,4	1,4
1.Qu	3,0	3,0	2,6	3
3.Qu	5,0	5,0	4,0	4,0
Var.	2,8	2,91	1,8	1,89

Tab.11: Overjet und Overbite

Eine Aufstellung der Einflüsse des Overbite auf den real gemessenen Inzisalkantenabstand ist im nachfolgenden Diagramm graphisch aufgearbeitet. Anschließend ist eine Summation beider metrischen Werte als Diagramm dargestellt.



Diagr.4: Gesamtöffnung als Summe aus Overbite und Inzisalkantenabstand

4.2 Ergebnisse der Zebrisuntersuchungen

Im Folgenden sind die Ergebnisse der apparativen Bewegungsanalysen dargestellt. Die folgende Tabelle zeigt die Messwerte des ersten und zweiten Messtages für alle Unterkieferbewegungen.

Messtag1												
	Öffnen			Protrusion			Laterotrusion rechts			Laterotrusion links		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
MW	45,3	45,4	45,0	7,1	7,4	7,4	11,3	11,0	11,2	10,7	10,7	10,5
M	47,5	45,8	45,2	7,2	7,4	7,6	11,8	10,5	11,6	11,0	10,5	11,0
SD	7,9	7,1	6,9	1,9	1,1	1,8	2,4	2,1	2,1	2,2	2,0	2,0
1.Qu	40,5	41,4	41,0	5,9	6,2	6,3	9,3	9,8	9,9	8,9	9,5	9,3
3.Qu	50,5	50,2	49,5	8,7	8,0	8,5	12,9	12,2	12,8	12,0	12,0	12,0
Varianz	61,7	49,8	47,0	3,5	2,6	4,0	5,9	4,3	4,2	4,8	4,0	4,2

Tab.12: deskriptive Auswertung, Zebrismessungen aller Bewegungsrichtungen, Tag 1

Messtag2												
	Öffnen			Protrusion			Laterotrusion rechts			Laterotrusion links		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
MW	50,0	46,7	46,5	7,5	7,3	7,4	11,1	10,9	10,9	10,4	10,5	10,6
M	47,6	46,8	46,3	7,4	7,4	7,5	11,6	11,5	10,8	10,5	10,0	10,0
SD	7,9	7,3	6,6	1,8	1,7	1,9	2,3	2,2	2,3	1,9	1,9	2,1
1.Qu	41,2	43,7	42,0	6,5	6,2	6,4	9,5	9,7	9,4	8,9	9,7	9,6
3.Qu	51,1	51,9	50,2	8,7	8,1	8,5	12,9	12,3	12,5	11,0	11,3	12,0
Varianz	62,8	52,7	44,1	3,1	2,9	3,6	5,4	4,9	5,2	3,8	3,5	4,2

Tab.13: deskriptive Auswertung, Zebrismessungen aller Bewegungsrichtungen, Tag 2

4.3 Reliabilität

4.3.1 Intersessionrelabilität der manuellen Untersuchungen

Die Ergebnisse hinsichtlich der Reliabilität der manuellen Messung sind tabellarisch nachfolgend aufgelistet. Unterschieden wurde jeweils zwischen den Bewegungsrichtungen.

	Messtag1		Messtag2		ICC
	MW	SD	MW	SD	
Öffnen	49,3	6,7	49,0	6,8	0,970
Protrusion	4,9	1,8	5,0	1,8	0,972
Laterotr. rechts	10,5	2,0	10,4	2,0	0,948
Laterotr. links	9,7	2,2	9,8	2,1	0,958
Overbite	3,8	1,7	3,8	1,7	0,965
Overjet	3,2	1,4	3,3	1,4	0,978

Tab.14: Intersessionrelabilität der manuellen Messung

4.3.2 Intrasessionrelabilität der Zebrismessungen

Tabelle 15 und 16 zeigen die Werte für die Reliabilitäten innerhalb eines Messtages für die Zebrismessungen.

Messtag1	Messung1		Messung2		Messung3		ICC
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	
Öffnen	45,3	7,9	45,4	7,1	45,0	6,9	0,921
Protrusion	7,1	1,9	7,4	1,6	7,4	1,8	0,947
Laterotr. rechts	11,3	2,4	11,0	2,1	11,2	2,1	0,929
Laterotr. links	10,7	2,2	10,7	2,0	10,5	2,0	0,933

Tab.15: Intrasessionreliabilität der Zebrismessungen, Tag1

Messtag2	Messung1		Messung2		Messung3		ICC
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	
Öffnen	46,0	7,9	46,7	7,3	46,5	6,6	0,940
Protrusion	7,5	1,8	7,3	1,7	7,4	1,9	0,964
Laterotr. rechts	11,1	2,3	10,9	2,2	10,9	2,3	0,959
Laterotr. links	10,4	1,9	10,5	1,9	10,6	2,1	0,924

Tab.16: Intrasessionreliabilität der Zebrismessungen, Tag2

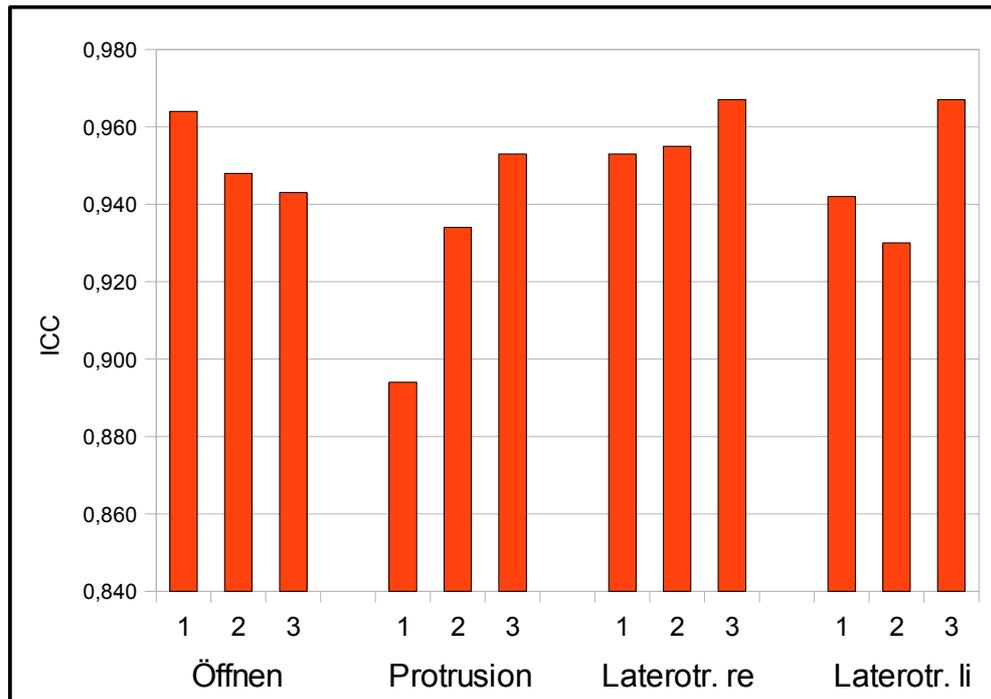
Die Intraklassen-Korrelations-Koeffizienten von Messtag 1 und 2 wurden miteinander verglichen und tabellarisch in Tabelle 17 dargestellt.

	ICC Messtag1	ICC Messtag2
Öffnen	0,921	0,940
Protrusion	0,947	0,964
Laterotrusion rechts	0,929	0,959
Laterotrusion links	0,933	0,924

Tab.17: Vergleich der ICC's beider Messtage

4.3.3 Inter-sessionreliabilität der Zebrismessungen

Berechnet man die ICC's für die korrespondierenden Messdurchgänge von Untersuchungstag 1 und Untersuchungstag 2 zeigen sich die in Diagramm 5 aufgetragenen Werte.



Diagr.5: ICC's der korrespondierenden Messdurchgänge beider Messtage

4.4 Validität

Die Ergebnisse der Validitätsprüfung zwischen manueller Messung und Zebrisuntersuchung zeigt die nachfolgende Tabellen.

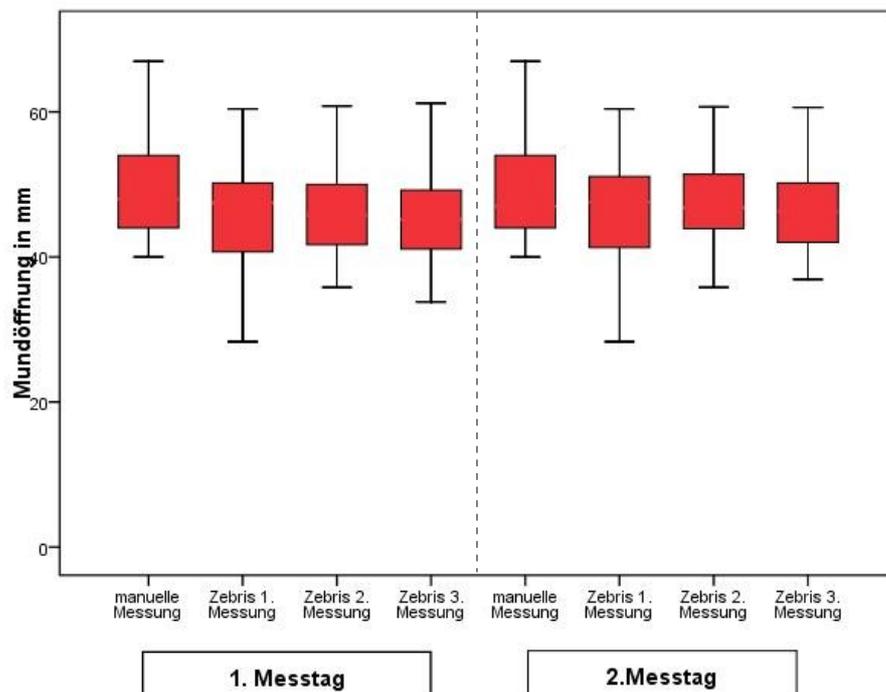
	Messtag1			Messtag2		
	Zebris1	Zebris2	Zebris3	Zebris1	Zebris2	Zebris3
Öffnen	0,368*	0,470**	0,489**	0,425*	0,448*	0,558**
Protrusion	0,543*	0,535**	0,623**	0,562**	0,598**	0,664**
Laterotr. re	0,736**	0,752**	0,664**	0,690**	0,665**	0,681**
Laterotr. li	0,661**	0,689**	0,617**	0,674**	0,632**	0,614**

Tab.18: Korrelation zwischen manueller Messung und den Zebris-Messungen des ersten und zweiten Tages

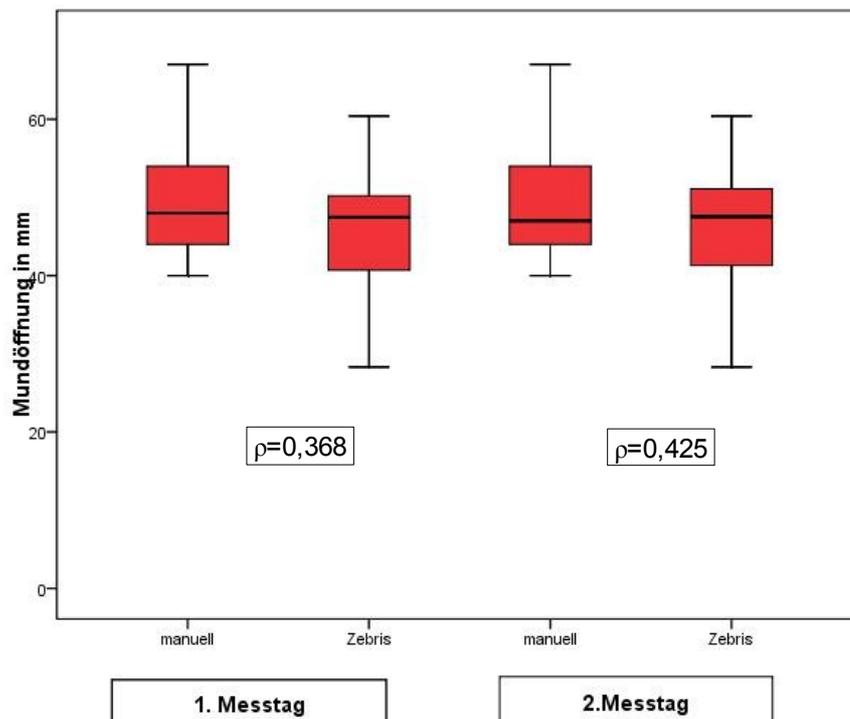
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

In Diagramm 6 sind die Mittelwerte für die Mundöffnungsbewegungen aller Messdurchgänge der beiden Messtage graphisch dargestellt. Die aufgeführten Maximalwerte verdeutlichen die große Variabilität der Parameter. Die darauf folgende Grafik zeigt die Korrelationen der manuellen Messung mit der jeweils ersten Zebrismessung. Aus den oben aufgeführten Tabellen geht hervor, dass die Korrelation in den weiteren Untersuchungsdurchgängen leicht besser wird. Auffällig sind die nahezu identischen Werte beim Vergleich der beiden Untersuchungstage (Diagramm 7).

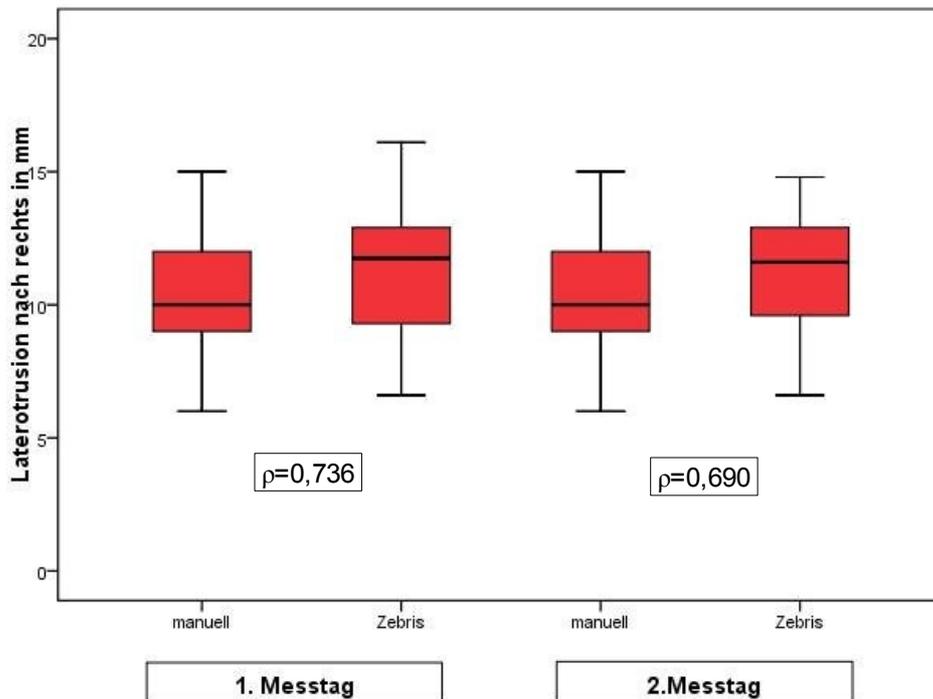


Diagr.6: Mundöffnung in mm, Mittel- und Maximalwerte am ersten und zweiten Messtag, n=30



Diagr.7: Korrelation der Mundöffnungswerte, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=30

Diagramm 8 zeigt die Korrelation der Laterotrusion nach rechts zwischen manuell gemessenen Werten und den jeweils ersten Zebrismessungen analog zu Diagramm 7.



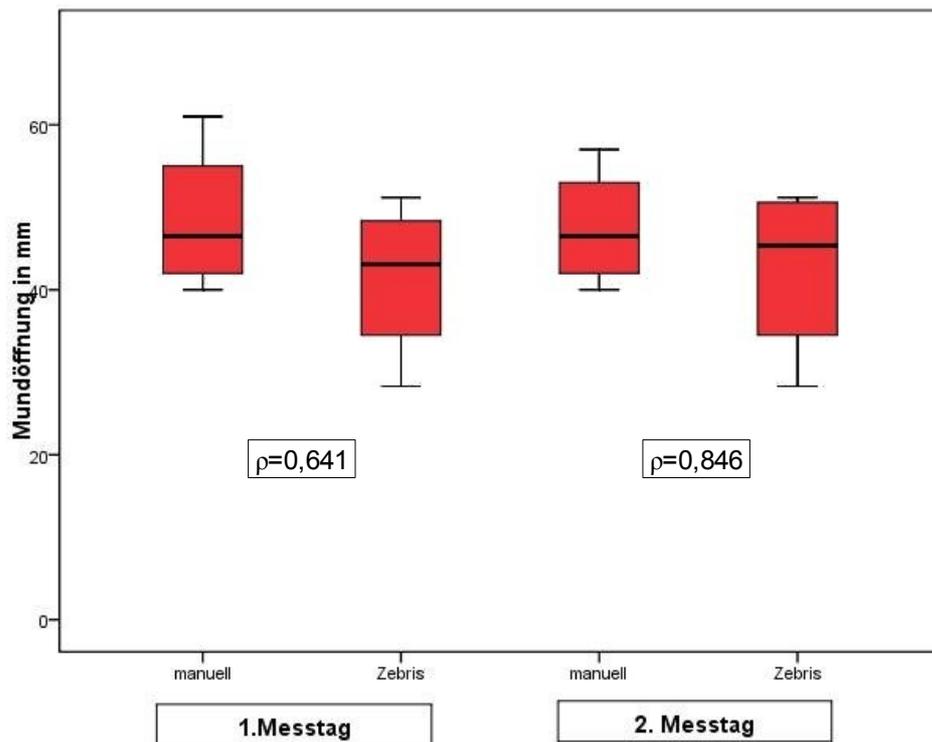
Diagr.8: Korrelation der Werte für die Laterotrusion nach rechts, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=30

Zur weiteren Untersuchung der geringen Korrelationswerte der Öffnungsmessungen wurden Subgruppenanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen Tabelle 19 bis 21 und die dazugehörigen Diagramme. Um die Werte besser vergleichen zu können, wurde, wie im Gesamtvergleich, jeweils die erste Zebrismessung mit der manuellen Messung verglichen.

Messtag1 – Öffnen – geringer Overbite			
	Zebris1	Zebris2	Zebris3
manuell	0,641	0,911	0,511
Messtag2 – Öffnen – geringer Overbite			
	Zebris1	Zebris2	Zebris3
manuell	0,846	0,969*	0,877

Tab.19: Korrelation zwischen manueller Messung und Zebris-Vermessungen der Mundöffnung des ersten und zweiten Tages bei gering ausgeprägtem Overbite, n=4

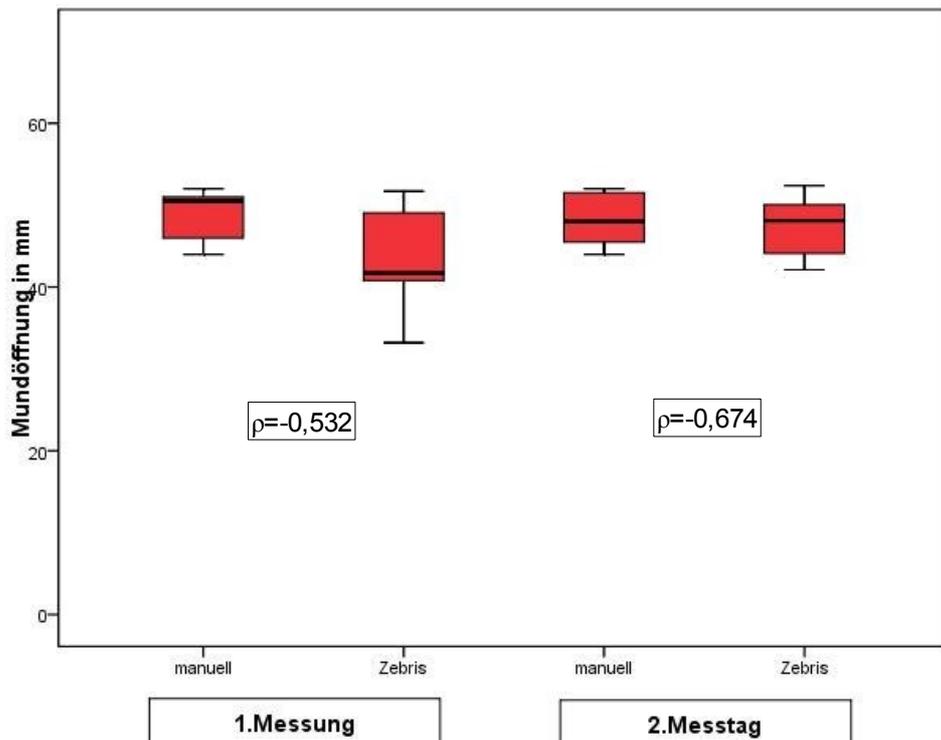
*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.



Diagr.9: Korrelation der Mundöffnungswerte bei geringem Overbite, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=4

Messtag1 – Öffnen – keine eindeutige Zuordnung			
	Zebris1	Zebris2	Zebris3
manuell	-0,532	-0,557	0,542
Messtag2 – Öffnen – keine eindeutige Zuordnung			
	Zebris1	Zebris2	Zebris3
manuell	-0,674	-0,712	0,225

Tab.20: Korrelation zwischen manueller Messung und Zebris-Vermessungen der Mundöffnung des ersten und zweiten Tages bei weder gering noch stark ausgeprägtem Overbite, n=7



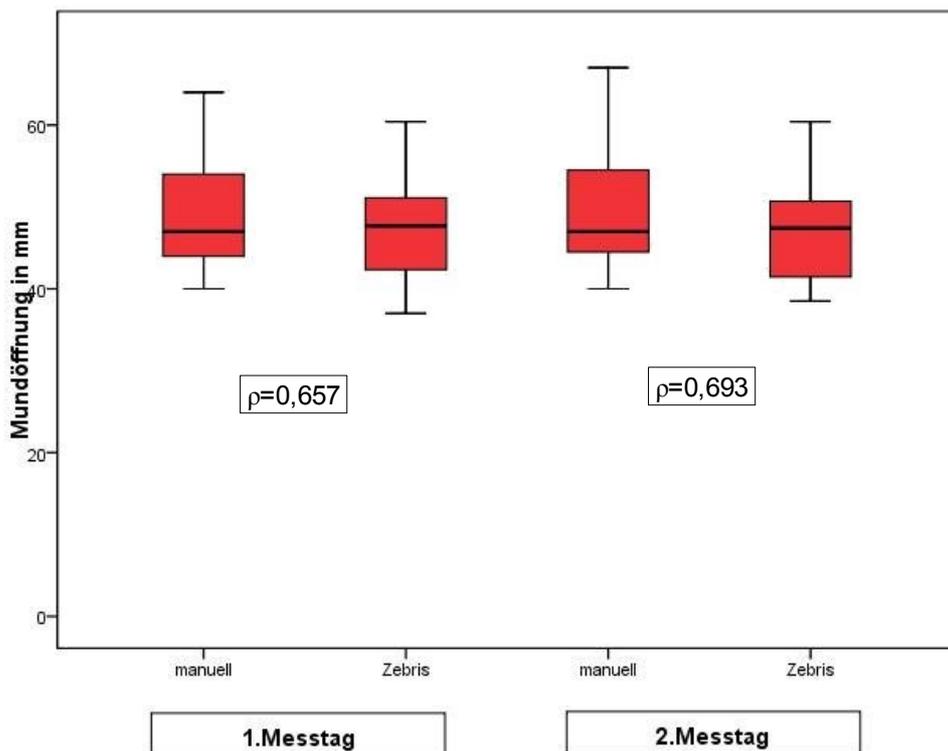
Diagr.10: Korrelation der Mundöffnungswerte bei mittlerem Overbite, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=7

Messtag1 – Öffnen – ausgeprägter Overbite			
	Zebris1	Zebris2	Zebris3
manuell	0,657	0,747	0,607
Messtag2 – Öffnen – ausgeprägter Overbite			
	Zebris1	Zebris2	Zebris3
manuell	0,693**	0,727**	0,599**

Tab.21: Korrelation zwischen manueller Messung und Zebris-Vermessungen der Mundöffnung des ersten und zweiten Tages bei ausgeprägtem Overbite, n=19

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

**.. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant.



Diagr.11: Korrelation der Mundöffnungswerte bei ausgeprägtem Overbite, manuell - Zebris am ersten und zweiten Messtag, 1.-3.Quartil, n=19

5 Diskussion

5.1 Manuelle Untersuchung der HWS und des Unterkiefers

Die am ersten Tag durchgeführte manuelle Beurteilung der Funktion der Halswirbelsäule wurde in die Studie eingebaut, um mögliche klinisch relevante Störungen vor der eigentlichen Funktionsprüfung der Kiefergelenke auszuschließen. Bereits CIANCAGLINI konnte 1999 den Zusammenhang von Dysfunktionen des Craniomandibularsystems und Nackenschmerz nachweisen (Ciancaglini et al. 1999). ZAFAR erweiterte 2000 die Beeinflussung bis auf den zervikothorakalen Übergang (Zafar et al. 2000). Nach JANDA reicht die HWS funktionell bis in Höhe des BWK 5 nach kaudal (Janda 1986, Olschowsky 2000).

Die Untersuchungen sollten an gesunden Probanden erfolgen. Mit den gewonnenen Daten können und sollen, schon aufgrund des geringen Stichprobenumfangs, keine Analysen möglicher Zusammenhänge der HWS- mit der Kiefergelenkfunktion getroffen werden. Die Ergebnisse der Muskeluntersuchung hinsichtlich Spannung und Triggerpunktanzahl zeigen aber, dass auch bei klinisch intakter Muskulatur, Störungen zu finden sind. RICHTER und HEBGEN beschreiben dieses Phänomen in Ihrem Buch über „Triggerpunkte und Muskelfunktionsketten“ (Richter und Hebgen 2007).

Mehrere Autoren konnten nachweisen, dass auch bei Gesunden Funktionsstörungen bestehen können. Angeführt werden hier beispielsweise Knackgeräusche im Bereich der Kiefergelenke und Kopfschmerzen (Wänman und Agerberg 1986) oder eingeschränkte Mundöffnung, Geräusche im Bereich der Kiefergelenke, Deviationen und Schmerzen (Kanter et al. 1993). KOPP et al. untersuchten Kinder (Kopp et al. 2002[1]) und Jugendliche (Kopp et al. 2002[2]) und kamen zu ähnlichen Ergebnissen. ABDEL-HAKIM et al. und SCHMITTER et al. wiesen Funktionsstörungen im Bereich des Kauystems bei Gesunden auch für andere Kulturkreise (Abdel-

Hakim et al. 1996) und für alte Patienten (68-96 Jahre) nach (Schmitter et al. 2005). HARKE et al. bestätigten diese These für Kleinkinder (Harke et al. 2006). In dem hier untersuchten Probandenkollektiv wiesen gerade einmal 13,3% median verlaufende Inzisalbahnen auf. Alle anderen Personen zeigten Abweichungen. Dennoch sind diese Auffälligkeiten nicht von klinischer Relevanz.

Bezüglich der Funktionsuntersuchung der HWS lassen sich die Aussagen übertragen. Alle Personen bezeichnen sich als gesund. Dennoch gab es beispielsweise eine Einschränkung der HWS-Extension bis auf 30 Grad. Scheinbar ist dies aber vom Probanden als klinisch nicht relevant eingestuft worden.

Die große Variabilität der Stereotype im Bewegungssystem und im Speziellen am Kausystem verdeutlicht die Tatsache, dass bei fester Okklusion zwar immer der M. temporalis, aber nicht bei allen Untersuchten der M. masseter an der Kraftentwicklung beteiligt ist. Dies wird sich in der Dynamik des Kauaktes wahrscheinlich ändern. Dieses Phänomen zeigt, dass viele der als auffällig gewerteten Befunde bei weitem noch keinen Krankheitswert haben. Unsere Beobachtungen folgen damit den Ergebnissen von WÄNMAN und AGERBERG, KANTER et al., KOPP et al., ABDEL-HAKIM et al. und SCHMITTLER et al. (Wänman und Agerberg 1986, Kanter et al. 1993, Kopp et al. 2002[1+2], Abdel-Hakim et al. 1996, Schmitter et al. 2005). In deren Untersuchungen wurden verschiedene Funktionsstörungen am Kausystem bei Gesunden bzw. nicht in Behandlung befindlichen Personen gefunden. In der vorliegenden Arbeit lässt sich aber wegen Aufbau und Ausrichtung der Studie nicht mehr als ein Trend in dieser Richtung ableiten.

Die manuelle Vermessung der Kieferfunktion zeigte bei der Öffnung eine große Bandbreite der Werte. Die mit 40mm geringste Öffnung lag somit nach BUCHMANN nah an der mit 30mm angegebenen Grenze zur Mundöffnungssperre (Buchmann et al. 2008). Der maximale Inzisalkantenabstand lag bei 67mm. Bemerkenswert war

hierbei, dass diese Testperson einen frontalen Kopfbiss (Schneidezahnkante auf Schneidezahnkante) zeigte und somit ein, wenn auch geringer Bewegungsumfang, entfiel, um den Overbite aufzuheben. Im Mittel lag der Überbiss bei ca. 4mm, das Maximum bei 7mm. Somit hat der Überbiss eine nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Öffnungsfähigkeit des Mundes. Anders ausgedrückt besteht die Möglichkeit, dass ein Unterkiefer 40mm Öffnung realisieren kann, aber bei einem Overbite von 7mm nur auf reale 33mm kommt. Dies stellt somit schon fast eine Mundöffnungssperre nach der Einschätzung von Buchmann dar (Buchmann et al. 2008). Betrachtet man den Einfluss des Overbite bezogen auf die Mundöffnung in der untersuchten Stichprobe, fällt auf, dass der Proband mit der Fähigkeit den Mund am weitesten zu öffnen keinerlei Overbite aufweist. Die Schlussfolgerung, dass alle „Weitöffner“ wenig oder keinen Überbiss aufweisen, kann aber an der untersuchten Stichprobe nicht gezogen werden, da beispielsweise bei der Person mit dem zweitgrößten Inzisalkantenabstand ein Overbite von 5mm besteht. Vielmehr ist die Fähigkeit der Mundöffnung konstitutions- und rassenabhängig (Buchmann et al. 2008). Addiert man nun den Overbite auf den Inzisalkantenabstand erhält man den wirklichen, vom Kausystem ermöglichten Öffnungsweg. In Diagramm 4 sind Mundöffnung und Overbite summiert dargestellt. Die Gesamtbeweglichkeit des Unterkiefers liegt bei fast allen untersuchten Personen über der, mittels Messschieber ermittelten Mundöffnung. Wie bereits beschrieben ist aber für den Probanden und Patienten entscheidend, welchen Inzisalkantenabstand und damit welche Größe beispielsweise Nahrung haben kann, wenn diese in den Mund eingeführt werden soll.

Alle mit dem Messschieber ermittelten Werte waren in Bezug auf die Folgeuntersuchung mit einem ICC von deutlich über 0,95 ausgezeichnet reliabel. Selbst bei sehr kleinen

Bewegungsausmaßen wie der Protrusion, wo nur wenige Millimeter gemessen werden können oder aber auch bei der Mundöffnung, wo mehrere Zentimeter Bewegungsausschlag möglich sind, wird diese hohe Messgenauigkeit erreicht. Für manuelle Vermessungen am Kiefergelenk und deren Beurteilung konnte nur eine Literaturstelle gefunden werden (Danis und Mielenz 1997). Ein spezielles, als „Mandibular Excursiometer“, bezeichnetes Messinstrument wurde untersucht. Hohe bzw. ausgezeichnete Reliabilitätswerte wurden ermittelt. Vergleichbar mit der manuellen Kiefernvermessung könnten Arbeiten zur Reliabilität und Validität des klassischen Goniometers sein. Diese Veröffentlichungen zeigen, dass diese einfache Messmethode ausgezeichnet reliabel ist. Lediglich bei nicht gut eingewiesenen Untersuchern zeigt sich eine verminderte Interraterreliabilität (Brosseau et al. 1997, Ellis et al. 1997, Armstrong et al. 1998, MacDermid et al. 1999). Weitere Untersuchungen am Kiefergelenk, insbesondere mit höheren Fallzahlen, sind zur Bestätigung der ausgezeichneten Reliabilitätswerte als Folge dieser Studie nötig.

5.2 Zebrismessung

Betrachtet man die Intrasessionreliabilität der Zebrismessungen, so zeigen sich ausgezeichnete Werte für alle untersuchten Bewegungsabläufe. Aus dem Versuchsaufbau lassen sich solche Werte auch erwarten. Wenn die Messapparatur nicht abgebaut wird und auch sonst keine Änderungen vorgenommen werden, sollte ein Messsystem ausgezeichnete Werte für die Intrasessionreliabilität aufweisen. Gibt es relevante systematische Fehler können sich diese an geringer ausgefallenen ICC's hier zeigen. Das ist beim Zebrissystem nicht der Fall.

Ebenfalls ausgezeichnete Reliabilitätswerte zeigen sich bei der Prüfung der Intersessionreliabilität für alle Bewegungsabläufe. Die ICC's liegen alle über 0,9.

Die bereits eingangs aufgeführten Arbeiten von SCHREIBER, SMOLENSKI und VOGEL wiesen ebenfalls eine gute bis ausgezeichnete Inter- und Intrasessionreliabilität für andere Zebrisssysteme nach (Schreiber 2001, Smolenski 1998, Vogel 2006). Da bei verschiedenen Zebrisapparaturen nur die Peripherie unterschiedlich, der „Motion Analyser“ aber immer der Gleiche ist, bleibt der prinzipielle Versuchs- und Messaufbau immer gleich. Die Verarbeitung der Rohwerte erfolgt dann durch die jeweilige Analysesoftware. Es bleibt zu prüfen, ob für alle Zebrisfunktionsanalysen diese Werte bestätigt werden können.

Auffällig bei der deskriptiven Datenerhebung ist, dass die Varianz in der Regel beim zweiten und dritten Testdurchlauf, das betrifft sowohl den ersten, als auch den zweiten Untersuchungstag, am geringsten ausfällt. Zur Erklärung erscheinen verschiedene Herangehensweisen sinnvoll. Möglicherweise gibt es bei der Ausführung der Bewegungen Motivationsunterschiede. Wo einige Probanden gewillt sind, schon am Anfang die maximale Mundöffnung zu erreichen, muss gegebenenfalls der Untersucher in den Versuchsablauf eingreifen und bei anderen Studienteilnehmern beim zweiten und dritten Messdurchlauf zur Maximalbewegung motivieren. Andererseits sind die Weichteilstrukturen bei einigen Probanden noch nicht voll verlängerungsfähig und relaxiert. So kommt es dann zu dem Phänomen, dass Gelenkkapsel und Muskulatur erst im Verlauf der Untersuchung eine größere Bewegungsspanne frei geben. Das Gelenk mobilisiert sich sozusagen selbst. Die Messung mit dem Messschieber gibt der untersuchten Person sofort bei Zahnkontakt einen minimalen Impuls, der ausreicht, den Versuch eine stärkere Mundöffnung zu initiieren. Im Untersuchungsablauf versuchten alle Probanden eine noch weitere Mundöffnung zu generieren, nachdem den Messschieber die Zähne berührte. Dieser Reiz entfällt bei der apparativen Messung und könnte demnach eine Ursache für die Änderungen der Varianz sein.

Es ist zu fordern, dass aufgrund der hohen Messgenauigkeit der Zebris-Analyseeinheit immer hochkonzentriert und dem Patienten gegenüber motivierend zu arbeiten ist. Bereits geringe Nachlässigkeiten können zu abweichenden Ergebnissen führen. Im Fall der Protrusion beispielsweise liegen die Mittelwerte der einzelnen Messdurchgänge bei ca. 7mm. Der Untersucher sollte relativieren, ob eine Abweichung von 1mm, immerhin 14,3%, eine wirklich aussagefähige Abweichung darstellt. Es spricht für die Methode, dass stets ausgezeichnete Reliabilitätswerte ermittelt werden konnten. Zusammenfassend kann man der Zebris-WinJaw-Einheit eine ausgezeichnete Intra- und Intersessionreliabilität bescheinigen.

In der Einleitung wurde bereits beschrieben, dass neben der Reliabilität auch die Validität zur Testevaluation benötigt wird. In dieser Studie wurden Korrelationen zu den Messschieberwerten hergestellt.

Die besten Korrelationen finden sich bei der Laterotrusion, unabhängig von der Bewegungsrichtung. Die Korrelationen sind hoch signifikant auf einem Niveau von $p=0,01$. Mit Werten von knapp unter bzw. über 0,7 spricht man von mittleren bis hohen Korrelationen.

Die Validitätswerte für die Protrusion am ersten Messtag liegen mit $p=0,543-0,623$ leicht unter dem Niveau der Seitbewegungen ($p=0,664-0,736$ bzw. $p=0,617-0,689$), aber immer noch im mittleren Bereich. Der dritte Messzyklus zeigt hierbei die besten Werte. Die Probanden werden hier den anfangs ungewohnten Bewegungsablauf des Unterkiefers-nach-vorn-Schiebens verinnerlicht haben und sind somit vertrauter mit der Bewegung. Erklärbar sind die etwas geringeren Werte bei der Protrusion mit dem sehr geringen Bewegungsausschlag. Man muss bedenken, dass es sich, wie bereits beschrieben, bei einer Abweichung um 1mm bei einer

gemessenen Protrusion von 7mm, um eine Abweichung von 14.3% handelt.

Lediglich die Öffnungsmessung korreliert gering mit der Messschiebermessung. Allerdings erhöht sich die Korrelation mit jedem Messdurchgang bis auf Werte von $p=0,489$. Dieser Wert ist immerhin grenzwertig hoch zur mittleren Validität.

Die Werte für den zweiten Messtag bestätigen dieses Ergebnis. Die Korrelation der Öffnungsbewegung zwischen Zebris und der manuellen Messung ist besser als am ersten Tag, und zeigt beim zweiten Messzyklus fast und beim dritten Messdurchlauf sicher mittlere Werte.

Zur Klärung der auffälligen Abweichungen wurden jede einzelne Zebrismessung im Abspielmodus der Software und der dazugehörige Report analysiert. Es gibt bei den Aufzeichnung keine Auffälligkeiten, die auf einen Messfehler hinweisen könnten. Die Aufzeichnung der Unterkieferbewegungen erfolgte regulär. Ebenfalls konnten Fehler bei der Dateneingabe in die Statistiksoftware ausgeschlossen werden, sodass eine andere Erklärung für die geringe Validität gefunden werden musste.

Die Korrelationen für Laterotrusion nach rechts und links sind besonders hoch. Diese Bewegungsabläufe sind im Alltag eher ungebrauchlich und bedürfen deswegen einer hohen konzentrativen Komponente in der Durchführung. Dies scheint geringer für die Protrusion und am wenigsten für die Öffnungsbewegung zu zutreffen. Trotz Übens und verbaler Motivation durch den Versuchsleiter konnte beim Öffnen eine nur geringe Validität erreicht werden.

Gemäß dem Versuchsaufbau werden an der Unterkieferzahnreihe Aufnehmerschiene und Attachement angebracht. Diese haben kein großes Eigengewicht, aber durch den langen Hebel von ca. 10-12cm ergibt sich eine nicht zu vernachlässigende Irritation an den Frontzähnen des Unterkiefers. Einige Probanden empfanden dies

gar als unangenehm. Eine Gefahr für die Zähne besteht aus Verfassersicht nicht, wenn diese physiologisch im Unterkiefer verankert sind. Das Attachement muss zwingend auf den Zähnen angebracht werden, weil sonst die Gingiva in Mitleidenschaft gezogen werden könnte. Besteht aber ein starker Overbite kann es sein, dass die untersuchte Person keinen kompletten Mundschluss ausführen kann, weil ansonsten die aufgeklebte Schiene „abgebissen“ würde. In den folgenden Abbildungen sind schematisch die räumlichen Verhältnisse für geringen und deutlichen Overbite dargestellt. Das Attachement stört, nachdem es an die

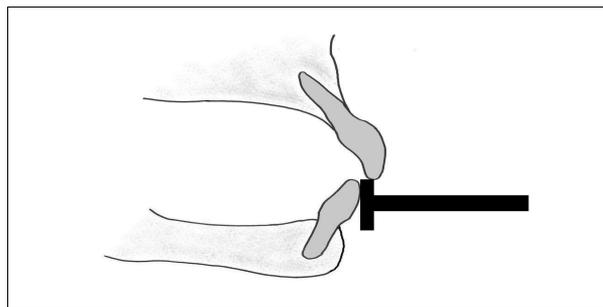


Abb. 19: räumliche Verhältnisse bei geringem Overbite

Frontzahnreihe angebaut wurde, die Okklusion nicht. Ein vollständiger, fester und unbehinderter Mundschluss sind möglich. Ist der Overbite stark ausgeprägt, kommt es zum Konflikt zwischen Attachement und oberer Zahnreihe bei dem Versuch der Okklusion. Es ist bei angebautem Aufnehmerlöffel kein vollständiger Mundschluss möglich.

In der Versuchsausführung ist es somit kaum möglich mit Alltagsgeschwindigkeit den Mund zu schließen und bis zum Kontakt an die Schiene heranzuführen. Es verbleibt also ein Verlust von wenigen Millimetern. Zu diesem Fehler kommt noch die Distanz zwischen physiologischer Okklusion und der unvollständigen

Okklusion mit Zebrisattachement. Es können sich somit durchaus 7-8mm fehlender Bewegungsumfang summieren.

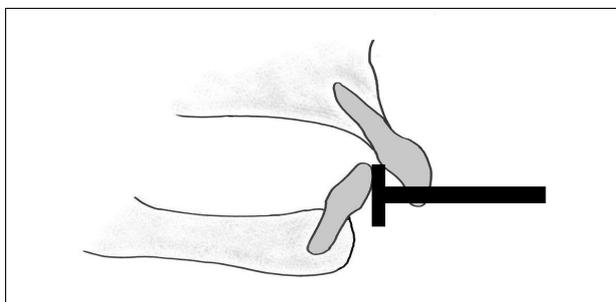


Abb.20: räumliche Verhältnisse bei ausgeprägtem Overbite

Bei Patienten mit Overbite, an die das Attachement störungsfrei angebaut werden kann, sollte theoretisch WinJaw eine größere Öffnungsbewegung messen, als der Messschieber. Der Messschieber kann, wie bereits erwähnt, nur den absoluten Schneidezahnkantenabstand messen. Das Zebrisssystem aber ist in der Lage, selbst die Bewegung die notwendig ist um den Overbite aufzuheben, zu erfassen. WinJaw hätte also einen „Vorsprung“ entsprechend der Größe des Overbite. Betrachtet man die Absolutwerte der Mundöffnung, so hat Zebris lediglich bei 7 Probanden eine über 1mm größere Öffnung als der Messschieber gemessen. Dabei war es unerheblich, ob der Overbite groß, klein oder nicht vorhanden war. Bei allen anderen Personen war Zebris „schlechter“ als die manuelle Messung. Dies scheint ebenfalls unabhängig vom Overbite zu sein, was die These der störenden Apparatur untermauert. Tatsächlich haben zwei Probanden kein Overbite, wobei beim ersten der Messschieber über 10mm mehr und beim zweiten 1,5mm mehr Öffnungsausmaß ermittelte. Bezüglich des Overjets konnten keine störenden Einflüsse auf die Messergebnisse festgestellt werden. Der angebrachte

Attachementlöffel ist am Zahn sehr schmal und führte dort zu keiner Okklusionsstörung.

Zur weiteren Verifizierung der geringen Korrelation der Öffnungsmessungen wurden Subgruppenanalysen angestellt. Der Hintergrund war der Gedanke, dass bei Patienten, bei denen mutmaßlich das angebaute Attachement nicht gestört hat, auch gute Korrelationswerte zur manuellen Messung haben müssten. Folgerichtig sollte dann die Gruppe mit ausgeprägtem Overbite sehr geringe Werte aufweisen.

Die untersuchte Stichprobe wurde eingeteilt in:

1. Patienten mit einem Overbite von 0-3mm, n=4
2. Patienten mit 4mm Overbite, n=7
3. Patienten mit einem Overbite von 5-8mm, n=19

Bei der Auswertung der Daten ließ sich nicht mehr nachvollziehen, ob tatsächlich eine gestörte Okklusion vorlag oder nicht. Aber es wird postuliert, dass es sehr wahrscheinlich in der Subgruppe 1 am ehesten keine Störungen durch das Attachement gab. Die zweite Gruppe bildeten die nicht zugeordneten Probanden. Subgruppe 3 wurde als die Stichprobe mit deutlicher Störung durch den Anbau angesehen.

Die Zebrismessungen und die manuelle Messung zeigten in Subgruppe 1 mittlere und im zweiten Messdurchgang sogar sehr hohe Korrelationen. Am zweiten Untersuchungstag waren alle Messdurchgänge hoch bis sehr hoch korreliert. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs konnten mit Ausnahme des zweiten Durchlaufs am zweiten Tag keine signifikanten Werte erzielt werden. Die p-Werte lagen allerdings nur gering über dem vorher festgelegtem Signifikanzniveau von $p=0,05$. Die Ergebnisse stellen deswegen mehr als einen Trend dar. Schlussfolgern lässt sich, dass durch einen ungestörten Bewegungsablauf erreicht werden kann, dass die Korrelationen in der untersuchten Stichprobe ähnliche Werte, wie bei allen anderen Bewegungsrichtungen annehmen. Die

geringen Korrelationen gelten also nicht für alle untersuchten Probanden.

Daraus sollte man schließen, dass bei stark störendem Attachement eine deutlich schlechtere Validität abzuleiten sei. Die mit n=19 Probanden größte Subgruppe folgt dieser Unterstellung aber nicht. Es finden sich durchweg mittlere Korrelationen, allerdings auf dem festgelegten Niveau nicht signifikant, am ersten Tag. Am zweiten Messtag liegen die Werte grenzwertig hoch im mittleren und im zweiten Durchlauf gar im hohen Korrelationsbereich. Die ermittelten Werte für die Validität sind alle auf dem Niveau von 0,01 signifikant. Dies war so nicht zu erwarten. Erklärbar ist dieses Ergebnis durch den Umstand, dass die Okklusion zwar gestört ist, aber durch den immerfort eindeutigen Zahnkontakt zur angebauten Schiene immer einer gleichmäßigen Störung unterliegt. So wird der absolvierte Bewegungsablauf am Ende des Mundschlusses zwar langsamer, aber der zurückgelegte Weg ist immer gleich. Der Unterschied im Bewegungsmaß zwischen Zebris und Messschieber schlägt für die Korrelation hier scheinbar nicht maßgeblich zu Buche.

Die untersuchte Subgruppe 2 zeigte die Werte, die in Tabelle 20 dargestellt sind. Ohne akzeptable Signifikanz treten dabei sogar negative Korrelationen auf. Auffällig war, dass die untersuchte Subgruppe die Probanden beinhaltet, die die größten Öffnungsweiten mit dem Messschieber erzielt haben. Im Mittel lagen die Öffnungsweiten 3-4mm über den anderen Gruppen. Man muss davon ausgehen, dass bei lediglich leichtem Kontakt am Frontzahnmessaufnehmer, die Untersuchungspersonen nur langsam und vorsichtig den Mund geschlossen haben und dabei nicht den gesamten Bewegungsumfang, der ihnen möglich war ausgeschöpft haben. Bei betrachten der Einzelwerte zwischen Messschieber und Zebris traten Differenzen von bis zu 50% auf. Diese Abweichung kann dem System nicht direkt zugesprochen werden. Allerdings gibt der Hersteller keinerlei Einschränkung der Messapparatur bzgl.

Okklusionsverhalten und Overbite an. WinJaw sollte also bei allen Personen, unabhängig von Overbite und Overjet anwendbar sein und korrekte Messwerte liefern.

Als Ergebnis aus den vorliegenden Untersuchungen können also die Abweichungen bei der Öffnungsbewegung nicht der gesamten Stichprobe zugeschrieben werden. Allerdings gibt es eine noch nicht wirklich genau definierten Subgruppe für die keine validen Messwerte zu erzielen sind.

Da keine Arbeit gefunden werden konnte, mit der die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung verglichen werden konnten, kann hier nur auf die Notwendigkeit der weiteren Testevaluierung hingewiesen werden. Für eine definitive Aussage reicht der Stichprobenumfang, insbesondere der Subgruppen nicht aus. Eine andere Variante der Verbesserung der Messungen zu erreichen besteht darin, die störende Komponente „Attachement“ auszuschalten.

Die von der Firma Myotronics, in Deutschland vertrieben durch die Firma SinfoMed, hergestellte Messeinheit „K7/CMS“ löst dieses Problem. Das Verfahren wird Magnetkinesiographie genannt. Dabei wird ein gerade 2mm schwerer Magnet an der Frontzahnreihe angebracht, wobei man diesen auch auf die Gingiva aufbringen kann. Dadurch werden der störende Einfluss des langen Hebels an den Frontzähnen und die gegebenenfalls behinderte Okklusion vermieden.

Arbeiten zur Testgütebeurteilung konnten nicht gefunden werden. Selbst die Mithilfe des Herstellers ergab keine befriedigenden Ergebnisse.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle stellt die Software dar. Bei angenommener fehlerhafter Berechnung der Öffnungsausmaße durch das Auswertungsprogramm, könnten abweichende Korrelationen resultieren. Leider ließ sich diese Fehlerursache nicht ausreichend beleuchten, da die Herstellerfirma sich bis zum Abschluss der Arbeit nicht in der Lage sah, trotz mehrfachem

Kontakt über mehrere Monate, sich zum Berechnungsverfahren zu äußern. Weder Verkaufsleiter, noch zuständiger Informatiker halfen bei der Aufklärung. Über die Beweggründe soll hier nicht spekuliert werden.

Wenn die Software den exakten Inzisalweg berechnet und der Messschieber nur die direkte Verbindungslinie zwischen den Inzisalkanten misst, dann sollte man annehmen, dass sich mit Zebris höhere Werte als mit dem Messschieber ergeben. Bei Annahme einer vereinfachten Kreisbahn sollte man bei Berechnung des Sinus zumindest näherungsweise die Messschieberwerte errechnen können, wissend, dass der Inzisalpunkt ganz und gar keine reine Kreisbewegung beschreibt. Allerdings führte dieser Weg keineswegs zum Erfolg. Außerdem sind damit die bei ungefähr zwei Drittel der untersuchten Probanden geringeren Zebriswerte nicht erklärbar. Letztlich muss die Frage nach der Fehlerquelle „Software“ unbeantwortet bleiben.

Wie bereits besprochen, ergeben sich beim zweiten und dritten Versuchsdurchlauf deutlich höhere Korrelationen und Signifikanzen. Der starke Einfluss des Übens auf die Qualität der Zebrismessung wird hier unterstrichen. VOGEL et al. beschrieben ebenfalls für die Zebris-Cranio-Corpo-Graphie solch ein Verhalten (Vogel et al. 2006). Als Empfehlung kann hier abgeleitet werden, dass der erste Messdurchgang nicht zu werten sei. Die valideren Messwerte zeigt Messung zwei.

6 Schlussfolgerungen

Die Zebris-WinJaw Kiefergelenkfunktionsanalyse ist ein hoch reliables und weitgehend valides System zur Beurteilung der Kieferfunktion. Lediglich die Mundöffnung wird nicht bei allen untersuchten Personen regelrecht dargestellt. Allerdings stellt die Öffnungsbewegung für Patienten mit Funktionsstörungen des Unterkiefers neben Schmerzen die Hauptbeeinträchtigung der Lebensqualität dar.

Somit kann deswegen diese Analyseeinheit zur Messung von metrischen Funktionswerten am Kiefergelenk nicht uneingeschränkt empfohlen werden. Der handelsübliche Messschieber ist in puncto Messgenauigkeit, Anschaffungskosten und Schnelligkeit in der Datenerhebung deutlich überlegen.

Sollen Funktionsbewegungen beurteilt werden, ist ein System wie das untersuchte unerlässlich. Neben der Abbildung der Inzisal- und Kondylenbahn können auch Ausweichbewegungen dynamisch erfasst werden. Die Zebris-WinJaw-Einheit kann deswegen für spezialisierte Zentren empfohlen werden, die sich mit Funktionsstörungen des Bewegungssystems im allgemeinen und der Kiefergelenksregion im Speziellen beschäftigen. Ein eindeutiger Rückschluss auf die Art der Funktionsstörung des Kiefergelenkes kann nicht ohne weitere Diagnostik gezogen werden (Kobs et al. 2007). Weiterhin können Gutachten mit exakten Messwerten (mit Ausnahme der Öffnungsbewegung) durch diese Methode aufgewertet werden.

Gemäß den allgemeinen Gepflogenheiten im klinischen Alltag, ist eine Kombination aus klinischer und apparativer Untersuchung zur Abbildung der Kiefergelenkfunktion am aussagekräftigsten (Kobs et al. 2007).

Es sollte mehrfach gemessen, oder vorher ausführlich geübt werden, um die Validität der Messung optimal zu gestalten. Im Untersuchungsablauf stellt das eine zeitliche Mehrbelastung von ca.

5min dar und ist damit vernachlässigbar bei einer Gesamtuntersuchungszeit von ca. 30min.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

Abdel-Hakim AM, Alsalem A, Khan N. 2003. Stomatognathic dysfunctional symptoms in Saudi Arabian adolescents. *Journal of Oral Rehabilitation*, 23 (10):655 – 661.

Armstrong AD, MacDermid JC, Chinchalkar S, Stevens RS, King GJ. 1998. Reliability of range-of-motion measurement in the elbow and forearm. *J Shoulder Elbow Surg*, 7 (6):573--580.

Baumgartner H, Bischoff HP, Dvorak J. 1993. *Grundbegriffe der Manuellen Medizin*. Berlin: Springer-Verlag.

Blank LW. 1998. Clinical guidelines for managing mandibular dysfunction. *Gen Dent*, 46 (6):592--597; quiz 598-599.

Bortz J, Döring N. 2006. *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin: Springer-Verlag.

Bourauel C, Vardimon AD, Drescher D, Schmuth GP. 1995. A functional orthodontic magnetic appliance (FOMA) after Vardimon. 1. A three-dimensional analysis of the force system of the attractive magnets. *Fortschr Kieferorthop*, 56 (5):274--282.

Braess D. 2002. *Finite Elemente – Theorie, schnelle Löser und Anwendungen in der Elastizitätstheorie*. Berlin: Springer-Verlag

Brosseau L, Tousignant M, Budd J, Chartier N, Duciaume L, Plamondon S, O'Sullivan JP, O'Donoghue S, Balmer S. 1997. Intratester and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for active knee flexion in healthy subjects. *Physiother Res Int*, 2 (3):150--166.

Browner B. 2001. WHO consultation meeting to develop a 5-year strategy to address road traffic injuries globally

Buchmann J, Smolenski UC, Arens U, Harke G, Kayser R. 2008. Kopf- und Gesichtsschmerzsyndrome - Manualmedizinische Differenzialdiagnose unter Einbeziehung osteopathischer Anschauungen. *Manuelle Medizin*, 46 (2):82-92.

Bühl A. 2008. SPSS 16 - Einführung in die moderne Datenanalyse. Pearson Studium.

Ciancaglini R, Testa M, Radaelli G. 1999. Association of neck pain with symptoms of temporomandibular dysfunction in the general adult population. *Scand J Rehabil Med*, 31 (1):17--22.

Cieza A, Geyh S, Chatterji S, Kostanjsek N, Ustun Bt, Stucki G. 2006. Identification of candidate categories of the International Classification of Functioning Disability and Health (ICF) for a Generic ICF Core Set based on regression modelling. *BMC Med Res Methodol*, 6:36.

Conradi S, Smolenski UC. 2005. Testgütekriterien manualmedizinischer Tests bei Low-back-pain-Patienten. *Manuelle Medizin*, 43 (4):227-234.

Costen JB. 1997. A syndrome of ear and sinus symptoms dependent upon disturbed function of the temporomandibular joint. 1934. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 106 (10 Pt 1):805--819.

Danis CG, Mielenz TJ. 1997. Reliability of measuring active mandibular excursion using a new tool: the Mandibular Excursiometer. *J Orthop Sports Phys Ther*, 25 (3):213--219.

Darendeliler MA. 2006. Use of Magnetic Forces in Growth Modification. *Seminars in Orthodontics*, 12 (1):41-51.

De Boever JA, Steenks MH. 1991. Kiefergelenksfehlfunktionen aus physiotherapeutischer und zahnmedizinischer Sicht. *Diagnose und Therapie*. Quintessenz Verlag.

De Leeuw JR, Steenks MH, Ros WJ, Bosman F, Winnubst JA, Scholte AM. 1994. Psychosocial aspects of craniomandibular dysfunction. An assessment of clinical and community findings. *J Oral Rehabil* Mar, 21 (2):127-143.

De Kanter RJ, Truin GJ, Burgersdijk RC, Van't Hof MA, Battistuzzi PG, Kalsbeek H, Käyser AF. 1993. Prevalence in the Dutch adult population and a meta-analysis of signs and symptoms of temporomandibular disorder. *J Dent Res*, 72 (11):1509—1518.

Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie in der DGZMK. 2009.

<http://www.dgfdt.de>

Deutsche Gesellschaft für Zahn, Mund- und Kieferheilkunde. 2009.

<http://www.dgzmk.de/>

Dibbets JMH, Tunkel C. 2006. Kiefergelenksprobleme und die Stolperstein-Theorie. *Inf Orthod Kieferorthop*, 38:185-188.

Dworkin SF, LeResche L, DeRouen T, Korff MV. 1990. Assessing clinical signs of temporomandibular disorders: reliability of clinical examiners. *J Prosthet Dent*, 63 (5):574--579.

Edinger DH. 2001. Elektronische Funktionsdiagnostik bei therapeutischen Maßnahmen. *zm - Zahnmedizin*, (19):38-42.

Ekman M, Johnell O, Lidgren L. 2005. The economic cost of low back pain in Sweden in 2001. *Acta Orthop*, 76 (2):275-284.

Ellis B, Bruton A, Goddard JR. 1997. Joint angle measurement: a comparative study of the reliability of goniometry and wire tracing for the hand. *Clin Rehabil*, 11 (4):314--320.

Ewert T, Cieza A, Stucki G. 2002. Die ICF in der Rehabilitation. *Phys Rehab Kur Med*, 12:157-162.

Fahrmeir L, Künstler R, Pigeot I, Tutz G. 2004. *Statistik - Der Weg zur Datenanalyse*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.

Fink M, Wahling K, Stiesch-Scholz M, Tschernitschek H. 2003. The functional relationship between the craniomandibular system, cervical spine and the sacroiliacal joint: a preliminary investigation. *Cranio*, 21 (3):202-208.

Freesmeyer WB. 2000. Was man über das Kiefergelenk wissen sollte. *Manuelle Medizin*, 38:316-321.

Gray RJ, Davies SJ, Quayle AA. 1994. A clinical approach to temporomandibular disorders. 1. Classification and functional anatomy. *Br Dent J*, 176 (11):429--435.

Greene CS, Mohl ND, McNeill C, Clark GT, Truelove EL. 1999. Temporomandibular disorders and science: A response to critics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 116:430-431.

Harke G, Geipel, E, Hübschmann-Mehl U. 2006. Inzidenz manualmedizinischer Störungen im Säuglingsalter und Ihre Bedeutung für die motorische Entwicklung. Manuelle Medizin, 44 (4):327.

Hartung JEB, Klösener KH. 1999. Statistik - Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag.

Helkimo M. 1979. Epidemiological surveys of dysfunction of the masticatory system. Copenhagen: Munksgaard.

Hülse M, Loser-Bruggner B. 2005. Muskelverspannungen im Phonationstrakt, ausgelöst durch Kiefergelenksstörungen und/oder funktionelle Halswirbelsäulenstörungen. 24. Kongress der Union der Europäischen Phoniater. Berlin, 16.-18.09.2005.

Hülse M, Loser-Bruggner. 2003. Elektromyographische Messungen bei CMD. Die Zahnarztwoche, 19/02:10-12.

Ingenkamp K. 1997. Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik – Studienausgabe. Beltz Pädagogik.

Janda V. 1986. Some aspects of extracranial causes of facial pain. J Prosthet Dent, 56 (4):484--487.

Janda V. 2000. Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik. München: Urban und Fischer.

Kares H, Schindler H, Schöttl R. 2003. Der etwas andere Kopf- und Gesichtsschmerz. Craniomandibuläre Dysfunktionen CMD. Schlütersche Verlage.

Katz JN. 2006. Lumbar disc disorders and low-back pain: socioeconomic factors and consequences. *J Bone Joint Surg Am*, 88 Suppl 2:21-24.

Kobs G, Didziulyte A, Kirlys R, Stacevicius M. 2007. Reliability of ARCUSdigma (KaVo) in diagnosing temporomandibular joint pathology. *Stomatologija*, 9 (2):47--55.

Köneke C. 2005. Die interdisziplinäre Therapie der Craniomandibulären Dysfunktion. Berlin: Quintessenz Verlag.

Kopp S. 2008. Screening im manibulären System – Die Sicht des Zahnarztes/Kieferorthopäden. *Manuelle Medizin*, 46 (6):381-383.

Kopp S, Hirsch H, Sebald WG, Plato G, Langbein U, Graf H. 2002. Funktionsbefunde im kranio-mandibulären System (CMS) bei Kindern im Alter von 5–9 Jahren. *Manuelle Medizin*, 40 (5):297–305.

Kopp S, Brunzel BG, Sebald WG, Langbein U, Graf H. 2002. Funktionsbefunde im kranio-mandibulären System bei Jugendlichen im Alter von 15–19 Jahren. *Manuelle Medizin*, 40 (6):359–366.

Kopp S, Sebald WG. 2008. Kranio-mandibuläre Dysfunktion - Versuch einer bewertenden Übersicht. *Manuelle Medizin*, 46 (6):389-392.

Laat AD, Stappaerts K, Papy S. 2003. Counseling and physical therapy as treatment for myofascial pain of the masticatory system. *J Orofac Pain*, 17 (1):42--49.

Lagatutta FP, Falco FJE. 1996. Assessment and Treatment of Cervical Spine Disorders. Physical Medicine \& Rehabilitation Aufl. Philadelphia: Saunders.

Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, 33 (1):159--174.

Lewitt K. 2006. Manuelle Medizin bei Funktionsstörungen des Bewegungsapparates. Urban & Fischer bei Elsevier.

Lidgren L. 2003. The bone and joint decade 2000-2010. Bull World Health Organ, 81 (9):629-679.

Lienert GA, Raatz U. 1998. Testaufbau und Testanalyse. Weinheim: Beltz.

Lippold C, Hoppe G, Moiseenko T, Ehmer U, Danesh G. 2008. Analysis of condylar differences in functional unilateral posterior crossbite during early treatment--a randomized clinical study. J Orofac Orthop, 69 (4):283--296.

Lobbezzoo-Scholte AM, De Leeuw JR, Steenks MH, Ros WJ, Bosman F, Bucher R, Olthoff LW. 1995. Diagnostic subgroups of craniomandibular disorders. Part I: Self-report data and clinical findings. J Orofac Pain, 9 (1):24-36.

MacDermid JC, Chesworth BM, Patterson S, Roth JH. 1999. Intratester and intertester reliability of goniometric measurement of passive lateral shoulder rotation. J Hand Ther, 12 (3):187-192.

Magnusson T, Egermark I, Carlsson GE. 2000. A longitudinal epidemiologic study of signs and symptoms of temporomandibular disorders from 15 to 35 years of age. *J Orofac Pain*, 14 (4):310-319.

Maki K, Inou N, Takanishi A, Miller AJ. 2003. Modeling of structure, quality, and function in the orthodontic patient. *Orthod Craniofac Res*, 6 Suppl 1:52-58; discussion 179-182.

Matthesius RG, Jochheim KA, Barolin S, Heinz C. 1995. International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps /ICIDH. Berlin/Wiesbaden: Ullstein Mosby GmbH & Co KG.

McNamara JA, Seligman DA, Okeson JP. 1995. Occlusion, Orthodontic treatment and temporomandibular disorders: a review. *J Orofac Pain*, 9 (1):73-90.

McNeill C. 1997. Management of temporomandibular disorders: concepts and controversies. *J Prosthet Dent*, 77 (5):510--522.

Michel L, Conrad W. 1982. Theoretische Grundlagen psychometrischer Tests. *Enzyklopädie der Psychologie*, Themenbereich B: Methodologie und Methoden Aufl.: Hogrefe-Verlag.

Morris S, Benjamin S, Gray R, Bennett D. 1997. Physical, psychiatric and social characteristics of the temporomandibular disorder pain dysfunction syndrome: the relationship of mental disorders to presentation. *Br Dent J*, 182:255-260.

Myers TW, Kathmann W. 2004. *Anatomy Trains: Myofasziale Leitbahnen*. Urban & Fischer bei Elsevier.

Nachemson AL, Jonsson E. 2000. Neck and back pain. The scientific evidence of causes, diagnosis and treatment. Baltimore: Williams and Wilkins.

Nicolakis P, Nicolakis M, Piehslinger E, Ebenbichler G, Vachuda M, Kirtley C, Fialka-Moser V. 2000. Relationship between craniomandibular disorders and poor posture. *Cranio*, 18 (2):106--112.

Nilsson IM, List T, Drangsholt M. 2007. Incidence and temporal patterns of temporomandibular disorder pain among Swedish adolescents. *J Orofac Pain*, 21 (2):127--132.

Okimoto K, Matsuo K, Moroi H, Terada Y. 1996. Factors correlated with craniomandibular disorders in young and older adults. *Int J Prosthodont*, 9 (2):171-178.

Olschowsky E. 2000. Zusammenhang zwischen Kiefergelenksdysfunktionen (CCD=craniocervicale Dysfunktionen) und Kiefergelenksdysfunktionen (CMD=craniomandibuläre Dysfunktionen) bei Patienten mit Nackenschmerzen (Pain draw nach visueller Analogskala von Husskinson) [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität

Peroz I. 2003. Dysfunctions of the stomatognathic system in tinnitus patients compared to controls. *HNO*, 51 (7):544-549.

Plato G. 2008. Der Weg zur Chronifizierung der kranio-mandibulären Dysfunktionen (CMD) – Die Sicht des Orthopäden/Manualtherapeuten. *Manuelle Medizin*, 46 (6):384-385.

Raustia AM. 1986. Diagnosis and treatment of temporomandibular joint dysfunction. Advantages of computed tomography diagnosis. Stomatognathic treatment and acupuncture - a randomized trial. Proc Finn Dent Soc, 82 Suppl 9-10:1--41.

Richter P, Hebgen E. 2007. Triggerpunkte und Muskelfunktionsketten in der Osteopathie und manuellen Therapie. Hippokrates Verlag

Schiffman EL, Look JO, Hodges JS, Swift JQ, Decker KL, Hathaway KM, Templeton RB, Friction JR. 2007. Randomized effectiveness study of four therapeutic strategies for TMJ closed lock. J Dent Res, 86 (1):58--63.

Schildt-Rudloff K, Sachse J. 2008. Wirbelsäule: Manuelle Untersuchung und Mobilisationsbehandlung für Ärzte und Physiotherapeuten. Urban & Fischer bei Elsevier.

Schmitter M, Rammelsberg P, Hassel A. 2005. The prevalence of signs and symptoms of temporomandibular disorders in very old subjects. Journal of Oral Rehabilitation, 32 (7):467-473.

Schnell R, Hill PB, Esser E. 2005. Methoden der Empirischen Sozialforschung. München: R. Oldenbourg Verlag.

Schreiber TU, Smolenski UC, Seidel E. J. 2001. 3-dimensionale Bewegungsanalyse zur Funktionsbeurteilung der Halswirbelsäule - Messverfahren und Reliabilität. Phys Med Rehab Kuror, 11 (4):113-122.

Schumacher J, Brähler E. 2004. Grundlagen der psychodiagnostischen Testverfahren

Schwartz LL. 1956. A temporomandibular joint pain-dysfunction syndrome. J Chronic Dis, 3 (3):284--293.

Seidel EJ, Methfessel G, Günther P. 2001. Craniomandibuläre Dysbalancen als Technikvoraussetzung bei Bläsern. Phys Med Rehab Kuror, 11 (4):151.

Sessle BJ. 2000. Orofacial pain: quo vadis. J Orofac Pain, 14 (1):5-6.

Slavicek R, Sato S. 2004. Bruxismus als Stressbewältigungsfunktion des Kauorgans. Wien Med Wochenschr, 154 (23-24):584--589.

Smolenski UC, Endres G, Schreiber TU. 1998. 3-dimensionale Bewegungsfunktionsanalyse der Halswirbelsäule mit dem System zebris - Standardisierung der Untersuchungsbedingungen. Phys Rehab Kur Med, 08:22-24.

Smolenski UC. 2009. Craniomandibuläre Dysfunktion – Craniocervikale Dysfunktion. Vortrag anlässlich der ÄMM-Lehrertagung 2009. Berlin, unveröffentlicht.

Stelzenmüller W, Wiesner J. 2004. Therapie von Kiefergelenkschmerzen: Ein Behandlungskonzept für Zahnärzte, Kieferorthopäden und Physiotherapeuten. Stuttgart: Thieme Verlag.

Stibenz C. 2004. Klinische Assessments craniomandibulärer Dysfunktionen (CMD) [Dissertation]. Jena: Friedrich-Schiller-Universität

Szentpétery A. 1993. Clinical utility of mandibular movement ranges. J Orofac Pain, 7 (2):163--168.

Terajima M, Endo M, Aoki Y, Yuuda K, Hayasaki H, Goto TK, Tokumori K, Nakasima A. 2008. Four-dimensional analysis of stomatognathic function. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134 (2):276--287.

Vogel T, Smolenski UC, Conradi S, Bak P. 2006. Reliabilität einer ultraschalltopometrischen Gleichgewichtsanalyse. *Phys Rehab Kur Med*, 16 (4).

Vogt L, Banter W. 1997. Reliability of measuring thoracic and lumbar spine mobility with ultrasonic movement analysis. *Phys Med Rehab Kuror*, 7 (1):21-25.

Wänman A, Agerberg G. 1986. Mandibular dysfunction in adolescents - Prevalence of symptoms. *Acta Odontologica Scandinavica*, 44 (1):47-54.

Weßling F, Kordaß B, Schwahn B. 2000. Klinischer Vergleich der elektronischen Messsysteme GAMMA-Cadiax und JMA. *ZWR*, 109 (11):603-606.

WHO. 1990. Basic Documents. 38th edition Aufl. Genf: World Health Organisation.

Winkelmann C, Schreiber TU, Weih C, Harrison PR. 1999. Ansätze zur Physiotherapie bei kranio-mandibulären Dysfunktionen. *Krankengymnastik*, 51 (12):2042-2054.

Wirtz M, Caspar F. 2002. Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität - Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen

und Ratingsskalen. Göttingen - Bern - Toronto - Seattle: Hogrefe-Verlag.

Zafar H, Nordh E, Eriksson PO. 2000. Temporal coordination between mandibular and head-neck movements during jaw opening-closing tasks in man. Arch Oral Biol, 45 (8):675-682.

8 Anhang

Funktionelle Untersuchung des Kiefergelenkes

3 D-Bewegungsanalyse

Name: Geb.-Datum: [][] [][] [][] Geschlecht: []w []m
Vorname: Meßdatum: [][] [][] [][] Probandennummer: [][]

Aufklärungsbogen

Dieser Versuch möchte herausfinden, ob das Verfahren der Funktionsanalyse mittels Zebris-System verschiedene, für eine klinische Untersuchungsmethode wichtige Parameter erfüllt, um die 3 dimensionale Bewegung des Kiefers abzubilden.

Zu diesem Zweck werden gesunde Probanden als zu untersuchende Personen benötigt.

Bei dieser Versuchsreihe werden keinerlei invasive, also in den Körper eindringende Verfahren, wie etwa Injektionen, Punktionen oder Inzisionen verwandt.

Es ist notwendig mittels eines in der Zahnprothetik zugelassenen Werkstoffes namens Protemp®, eine Schiene an die vordere untere Zahnreihe anzumodellieren. Diese Schiene wird dann mittels Klebetechnik mit einem Histacryl-Kleber an den Zähnen befestigt. Der Kleber ist weitgehend geschmacklos und für die Benutzung in der Mundhöhle zugelassen. Er ist wasserlöslich und daher ist die angeklebte Schiene recht einfach wieder von den Zähnen zu entfernen.

Trotzdem können auch bei einer nichtinvasiven Untersuchungsmethode wie dieser, seltene unerwünschte Effekte und Wirkungen eintreten.

Ein möglicher unerwünschter Nebeneffekt ist, dass Restpartikel der Modelliermasse bzw. des Klebers an den Zähnen oder dem Zahnfleisch verbleiben. Diese sind leicht durch Benutzung zahnärztlicher Instrumentarien oder durch gründliches Zähneputzen zu beseitigen.

Weiterhin können kleine Verletzungen am Zahnfleisch auftreten. Leichte Blutungen können die Folge sein. Diese kommen allerdings in kürzester Zeit ohne gezielte Therapie von selbst zum Stillstand. Unwahrscheinlich, ist die Lockerung oder der Verlust von Zähnen oder deren Teile. Sollten sie diesbezüglich Probleme haben oder vermuten sie lockere Zähne, sollten sie dies dem Untersucher vor Untersuchungsbeginn mitteilen. Sie können dann am Versuch nicht teilnehmen.

Weiter Aufklärungspunkte:

.....
.....
.....

Hiermit erkläre ich, dass ich umfassend über Gefahren und eventuelle unerwünschte Wirkungen durch Frau/Herrn aufgeklärt worden bin. Alle meine Fragen sind zu meiner vollsten Zufriedenheit beantwortet worden.

Jena, der Proband Untersucher

Friedrich-Schiller-Universität, Jena

Institut für Physiotherapie
Kollegiengasse 9
Jena

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich

Name:..... Vorname:..... geb.am:.....
wohnhaft in:.....

mich mit der Teilnahme an der Untersuchung des Kiefergelenkes im Rahmen einer Studie zur Kiefergelenksdysfunktion einverstanden.

Über Ziele und Inhalte der Untersuchung sowie den geplanten Ablauf bin ich durch den unterzeichnenden Untersucher informiert worden.

Ich habe jederzeit die Möglichkeit und das Recht, ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Untersuchung abbrechen.

.....
Unterschrift des Probanden

.....
Unterschrift des Untersuchers

Jena, den

Funktionelle Untersuchung des Kiefergelenkes

3 D-Bewegungsanalyse

Name:..... Geb.-Datum: [][] [][] [][] Geschlecht: []w []m
Vorname:..... Meßdatum: [][] [][] [][] Probandennummer: [][]

Ausschlußkriterien

	ja	nein
• Knack- oder Reibegeräusche im Kiefergelenk	[]	[]
• Schmerzen beim Bewegen oder beim Kauen im Kiefergelenk	[]	[]
• Kieferorthopädische Behandlung	[]	[]
• Mißbildungen	[]	[]
• Trauma am Ober- oder Unterkiefer	[]	[]
• Kieferklemme (in den letzten 12 Monaten)	[]	[]
• Operationen am Ober- oder Unterkiefer	[]	[]
• Tumore der Mund-, Kiefer- oder Gesichtsregion	[]	[]
• Chronische Entzündungen am Kiefergelenk	[]	[]
• Akuter Infekt	[]	[]
• Alkohol- oder Drogenabusus	[]	[]
• Medikamente zur Muskelrelaxierung	[]	[]

.....
Sobald „ja“ angekreuzt wurde, ist der Proband nicht geeignet!
Ist der Proband für die Studie geeignet? ja [] nein []

Funktionelle Untersuchung des Kiefergelenkes

3 D-Bewegungsanalyse

Name: Geb.-Datum: [][] [][] [][] Geschlecht: []w []m
 Vorname: Meßdatum: [][] [][] [][] Probandennummer: [][]

Klinische Untersuchung

Untersuchungsparameter	Untersuchungsergebnisse	
∞ Inspektion beim Öffnen und Schließen	<input type="checkbox"/> Median	<input type="checkbox"/> Deviation
	<input type="checkbox"/> Deflexion	<input type="checkbox"/> Dyskoordination
∞ Palpation der Kiefergelenke beim Öffnen und Schließen	<input type="checkbox"/> ohne	<input type="checkbox"/> Knacken
	<input type="checkbox"/> Schnappen	<input type="checkbox"/> Reiben
	rechts	links
∞ Palpation der Mm. temporales	0 1 2 3 4 Grundtonus in Ruhe	0 1 2 3 4
	0 1 2 3 Anzahl der Triggerpunkte	0 1 2 3
	0 1 Reaktion bei isometrischer Kontraktion	0 1
∞ Palpation der Mm. trapezius	0 1 2 3 4 Grundtonus in Ruhe	0 1 2 3 4
	0 1 2 3 Anzahl der Triggerpunkte	0 1 2 3
	0 1 Reaktion bei isometrischer Kontraktion	0 1
∞ Palpation der Mm. masseter	0 1 2 3 4 Grundtonus in Ruhe	0 1 2 3 4
	0 1 2 3 Anzahl der Triggerpunkte	0 1 2 3
	0 1 Reaktion bei isometrischer Kontraktion	0 1
∞ Palpation der Mm. sternocleidomastoidei	0 1 2 3 4 Grundtonus in Ruhe	0 1 2 3 4
	0 1 2 3 Anzahl der Triggerpunkte	0 1 2 3
	0 1 Reaktion bei isometrischer Kontraktion	0 1
∞ aktive Bewegung:		
	Flexion/ Extension	[][][][]/[][][][]/[][][][]
	Seitneige	[][][][]/[][][][]/[][][][]
	Rotation	[][][][]/[][][][]/[][][][]
∞ passive Bewegung:		
	Flexion/ Extension	<input type="checkbox"/> frei <input type="checkbox"/> fest <input type="checkbox"/> Schmerz <input type="checkbox"/> Schmerz und fest
	Seitneige	<input type="checkbox"/> frei <input type="checkbox"/> fest <input type="checkbox"/> Schmerz <input type="checkbox"/> Schmerz und fest
	Rotation	<input type="checkbox"/> frei <input type="checkbox"/> fest <input type="checkbox"/> Schmerz <input type="checkbox"/> Schmerz und fest
∞ Öffnen	mm	∞ Protrusion Mm
∞ Schließen	mm	∞ Laterotrusion re. mm
		∞ Laterotrusion li mm

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Frau Kristin Neumer von der Forschungs- und beratungsstelle Manuelle Medizin, Herr Professor Dr. med. Smolenski und Herr Derlien.

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Orlamünde, 21.06.2009

Danksagung

An dieser Stelle ist es an der Zeit, mich bei denen zu bedanken, die mir bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützend zur Seite standen. Zuerst möchte ich mich bei allen Probanden bedanken, die sich für diese Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben.

Desweiteren gilt mein Dank Professor Smolenski, der stets in ruhiger und sachlicher Art verstanden hat, mich durch motivationale Täler hindurchzuführen. Die immer positiv formulierten Kritik- und Anregungspunkte trugen wesentlich zum Gelingen der Arbeit bei. Das Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit habe ich von Ihm gelernt.

Weiterhin bin ich Frau Kristin Neumer von der Forschungs- und Beratungsstelle der DGMM und Herrn Derlien am Institut für Physiotherapie für hilfreiche Ratschläge bei der Erstellung der Dissertation dankbar. Das Mysterium der Statistik konnten Sie mir ein wenig näher bringen.

Diese Arbeit hätte aber nie entstehen können, wenn nicht meine liebe Frau Stefanie und meine Kinder Manuel und Nelly schier unendliches Verständnis für den promovierenden Ehemann und Vater sowie Nerven wie Drahtseile während der Zeit der Niederschrift gezeigt hätten. Last but not least danke ich meiner Tochter Marla, die mit der Ankündigung des Beginns Ihrer Erdenbürgerschaft im Frühjahr 2009 mir den letzten entscheidenden Schub zur Fertigstellung dieser Dissertation versetzt hat.

Letztlich sei hier auch denen gedankt, die am Institut für Physiotherapie ein freundliches und nettes Umfeld schaffen, welches einem das Arbeiten angenehm und das Verfassen einer solchen Schrift erst möglich macht.