

Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Tübingen

Abteilung Poliklinik für Kieferorthopädie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. G. Göz

**Räumliche Darstellung von Zungenbewegungen bei
Sprachsequenzen mittels
elektromagnetischer Artikulographie**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der

Medizinischen Fakultät

der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Andrea Klink

aus Böblingen

2007

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. G. Göz

2. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. J. Hoffmann

meiner Familie gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	IV
1. EINLEITUNG.....	1
2. MATERIAL UND METHODEN	9
2.1. Studienpopulation.....	9
2.2. Beschreibung des Messsystems.....	12
2.2.1 Messgenauigkeiten	13
2.2.2 Mögliche Fehlerquellen des Verfahrens	13
2.3. Methode	15
2.3.1 Messvorbereitungen	15
2.3.1.1 Herstellung einer Schablone zur Registrierung der Kauebene	15
2.3.1.2 Systemkalibrierung	15
2.3.1.3 Vorbereitung der Empfängerspulen	16
2.3.1.4 Positionierung der Empfängerspulen	16
2.3.1.5 Ausrichtung und Fixierung des Messhelms	19
2.3.1.6 Messanordnung	19
2.3.2 Aufzeichnungsphasen	20
2.3.2.1 Gaumenkontur	20
2.3.2.2 Kauebene	20
2.3.2.3 Sprachsequenzen	21
2.3.2.4 Text.....	23
2.3.2.5 Schlucksequenzen	24
2.3.2.6 Dauerschlucken	24
2.3.2.7 Aufzeichnungspositionen	24
2.3.3 Praktische Durchführung	25
2.4. Auswertungskriterien.....	27
2.4.1 Auswertung der aufgezeichneten Bewegungsbahnen	27
2.4.1.1 *.Axx (Akustik Dateien)	27
2.4.1.2 *.K01 bis *.K04 (Kinematik Dateien) Gaumenkontur	27
2.4.1.3 *.K05 bis *.K07 (Kinematik Dateien) Kauebene	28
2.4.1.4 *.K08 bis *.K41 (Kinematik Datei) VCV, CVC, Text, Dauer-, Schlucken	28
2.4.2 Erstellen von Referenzpunkten	28
2.4.3 Ausrichtung der Daten	29
2.4.4 Filtern der Daten	31
2.4.4.1 Akustikdaten	31
2.4.4.2 Kinematikdaten	31
2.4.5 Auswertung der Sprachsequenzen	31
2.4.6 Variablen zur Auswertung der Bewegungsbahnen.....	35
2.4.7 Bedeutung der Variablen	37
2.4.7.1 Positionen.....	37
2.4.7.2 Zeitpunkte.....	38
2.4.7.3 Distanzen	38
2.4.7.4 Zeitintervalle	39
2.4.7.5 Winkel	40
2.5. Statistische Auswertung.....	40

3. ERGEBNISSE.....	44
3.1. Messfehleranalyse	44
3.1.1 Distanzen	44
3.1.2 Winkel	48
3.1.3 Kovarianzanalysen	50
3.1.3.1 Distanzen	52
3.1.3.1.1 Gesamtmodell: Einfluss von Sweep, Variable und Position	52
3.1.3.1.2 Einzelmodell: Einfluss von Sweep	57
3.1.3.1.3 Einzelmodell: Einfluss von Variable	60
3.1.3.1.4 Einzelmodell: Einfluss von Position	63
3.1.3.2 Winkel	65
3.1.3.2.1 Gesamtmodell: Einfluss von Sweep, Variable und Position	65
3.1.3.2.2 Einzelmodell: Einfluss von Sweep	69
3.1.3.2.3 Einzelmodell: Einfluss von Variable	72
3.1.3.2.4 Einzelmodell: Einfluss von Position	75
3.1.4 Einfluss der Position auf den Messfehler (oneway-Analysen)	78
3.1.5 Einfluss des Geschlechtes auf den Messfehler (oneway-Analyse)	79
3.2. Einfluss der Position auf die Bewegungsbahnen der Zunge (oneway-Analysen)	81
3.2.1 Distanzen	81
3.2.2 Winkel	88
3.3 Einfluss des Geschlechtes auf die Bewegungsbahnen der Zunge	90
3.3.1 Distanzen	90
3.3.2 Winkel	94
3.4. Erstellung von Normwerten	95
3.4.1 Distanzen	95
3.4.2 Winkel	100
4. DISKUSSION	102
4.1 Beurteilung der Methode.....	102
4.2 Vergleich bisheriger Verfahren.....	103
4.3 Vergleichbare EMA- Studien.....	106
4.4 Vergleich von Studien mit unterschiedlichen Körperhaltungen.....	109
4.5 Diskussion der Ergebnisse	110
4.5.1 Messfehler.....	110
4.5.1.1 Distanzen	110
4.5.1.2 Winkel	118
4.5.2 Oneway-Analysen zur Ermittlung eines Unterschiedes zwischen aufrechter und entspannter Körperhaltung	122
4.5.2.1 Distanzen	122
4.5.2.2 Winkel	126
4.5.3 Oneway-Analysen zur Ermittlung eines Unterschiedes zwischen Männern und Frauen	127
4.5.3.1 Distanzen	127
4.5.3.2 Winkel	128
4.5.4 Normwertdefinition	128
4.6 Schlussfolgerung.....	129

5. ZUSAMMENFASSUNG	130
6. LITERATURVERZEICHNIS	134
7. DANKSAGUNG.....	140
8. ANHANG	141
8.1 Tabelle aller Messfehler der Distanzen, kategorisiert mit Sternen und sortiert nach Sternen, Variablen und Sweep.....	141
8.2 Tabelle aller Messfehler der Winkel, kategorisiert nach Sternen und sortiert nach Sternen, Variablen und Sweep.....	147
8.3 Oneway-Analysen der Messfehler (Distanzen).....	149
8.4 Oneway-Analysen der Messfehler.....	169
8.5 Oneway-Analysen der Bewegungsbahnen der Zunge (Distanzen).....	172
8.6 Oneway-Analysen der Bewegungsbahnen der Zunge (Winkel).....	187
8.7 Fragebogen zur Erfassung relevanter Daten für die EMA- Messungen.....	194
8.8 Probandeninformation	199
9. LEBENSLAUF	202

1. EINLEITUNG

Stone verglich die Zunge 1991 mit den Tentakeln eines Tintenfisches⁵⁸. Wie diese besitzt die Zunge keine räumliche Begrenzung durch ein knöchernes Skelett. Durch ihr unkomprimierbares Gewebe und ihre dreidimensionale Verformung bei Bewegung ist die Zunge sehr schwer zugänglich für Untersuchungen. Daher war es bisher relativ schwierig, Zungenbewegungen beim Sprechen und Schlucken in zeitlicher und räumlicher Auflösung befriedigend gut zu erfassen und darzustellen.

Orofaziale Dyskinesien oder myofunktionelle Störungen sind Störungen der Muskelfunktion, des Muskeltonus oder der harmonischen Bewegungsabläufe im orofazialen Bereich. Dies können Störungen der Primärfunktionen Atmen, Saugen, Kauen, Schlucken oder Störungen des perioralen und intraoralen Gleichgewichtes sein. Dem zugrunde liegen neben neurologischen Schäden meist Reifungsdefizite oder Entwicklungsrückstände. Dies, so meinen die meisten heutigen Autoren, sei die Ursache für die Entstehung und den Verbleib von Zahn- und Kieferfehlstellungen sowie für Störungen in der Artikulation. Hinzu kommt, dass diese Schäden, Defizite und Rückstände oft mitverantwortlich sind für Therapieresistenzen und Rezidive in der kieferorthopädischen und kieferchirurgischen Behandlung und in der logopädischen Therapie²¹.

Dem unphysiologischen Schluckmuster wird eine ätiologische Rolle bei der Entwicklung z.B. des frontal offenen Bisses, aber auch anderer Anomalien zugeschrieben²⁰.

Eine funktionelle Anpassung der Muskulatur und die Vermeidung von Dyskinesien sind neben der Dauer der Retentionszeit Vorbedingungen für die Stabilität des Behandlungsergebnisses^{57;62}.

Dieser Pathomechanismus impliziert, dass Weichgewebe im Verlauf des Kieferwachstums und der Zahnentwicklung Hartgewebe formen kann. Andere Autoren vertreten die gegensätzliche Meinung, Weichgewebe passe sich dem Hartgewebe an^{59;60}. Orofaziale Dyskinesien wären dann durch eine bereits vorhandene Dyskinesie bedingt.

Impressionen an der Zunge, beispielsweise durch Zungenpressen verursacht, weisen laut Mack et al. auf eine Hyperaktivität der Zungenmuskulatur hin, verursacht durch Zungenpressen, was wiederum zu Zahnwanderungen, Hypersensibilität der Zähne und Zungenbrennen führen kann⁴⁴.

Die Lippenbewegungen weisen unter anderem auf das Atmen und vor allem auf die Schluckvorgänge bei der Nahrungsaufnahme hin. Atmen und Schlucken wiederum lassen Rückschlüsse auf die Zungenfunktion ziehen. Durch zum Beispiel geöffnete Lippen kann die Zungenfunktion bei der Nahrungsaufnahme sehr wohl beeinflusst werden. Beim Kauen mit geöffneten Lippen weisen die Patienten im Schluckvorgang ein Schluckverhalten auf, das vom korrekten Schluckmuster deutlich abweicht⁴⁴.

Laut den Untersuchungen von Mack hat eine Zungenfehlfunktion eine falsche Zungenbewegung bei der Sprachbildung zur Folge. So ist das Lispeln per Definition eine fehlerhafte Aussprache des s-Lautes durch Anstoßen der Zungenspitze an den mittleren oberen Incisivi (Sigmatismus interdentalis). Von Sigmatismus lateralis spricht man, wenn der Luftstrom seitlich nach dem Mundwinkel abweicht. Er ist meist visuell an den Impressionen der Zähne in der Zunge und häufig an dem Breitziehen der Mundwinkel erkennbar.

Auch eine zu hohe Gaumenhöhe (Gaumenhöhenindex >40) kann die Nasenatmung behindern und dadurch zu einer verstärkten Mundatmung und somit zu einem falschen Schluckverhalten führen⁴⁴.

Wichtig für die Beurteilung der Zungenfunktionen ist die Beurteilung der Lage der Zungenspitze beim Sprechen und Schlucken. Die Zungenspitze liegt in Ruhelage der Zunge an den Lingualflächen der unteren Schneidezähne etwas unterhalb der Incisalkanten, aber auch an den oberen Incisivi an. Die Zungenränder berühren die Oberkieferseitenzähne und den Alveolarfortsatz, der Zungenrücken steht lediglich mit dem weichen Gaumen in Kontakt. Der Raum zwischen hartem und weichem Gaumen kann dabei beispielsweise im Palatogramm dargestellt werden kann⁴⁴.

Zungenspitze und Zungenränder müssen für ein korrektes Schluckverhalten an der richtigen Stelle liegen. Nur so können sich Ober- und Unterkiefer richtig entwickeln. Nuckeln und Flaschensaugen sowie Fingersaugen können dabei in

früher Kindheit zur Fehllage der Zunge führen. Die Zunge liegt dabei meist wie ein „Brett“ auf den unteren Front- und Seitenzähnen auf.

Bisher war die seitliche Fernröntgentechnik die gängige Methode, um die normale Ruhelage der Zunge festzustellen⁴⁴.

Für das Schluckverhalten ist die Zunge von entscheidender Bedeutung. Schlucken außerhalb der Mastikation ist für den Erhalt der Funktionen der Muskulatur oder des Speichelabtransports wichtig. Laut Mack schluckt man täglich unwillkürlich ca. 3000-mal, was jedoch bisher über einen längeren Zeitraum nicht aufgezeichnet und untersucht werden konnte.

Von korrektem Schlucken redet man, wenn die Lippen geschlossen sind, die Zähne in Okklusion stehen, die mimische Muskulatur unbeteiligt ist, die Zungenspitze die richtige Position an der Innenseite der Zähne sowie an den angrenzenden Teilen des oberen Alveolarfortsatzes einnimmt und die anschließende Muskelkontraktionswelle die Zunge Richtung Pharynx bewegt, damit die Mundhöhle geleert werden kann⁴⁴.

Nach Garliner sollte bei dieser oralen Peristaltik die Zunge am seitlichen Gaumen Kontakt haben und sich abrollen¹⁸.

Mack führte 1993 eine Studie durch, in der er bei 55 Probanden das Schluckmuster überprüfte. Dabei bemerkte er, dass $\frac{4}{5}$ aller untersuchten Personen falsch schluckten⁴³.

Als eine Untersuchungsmethode sowie eine Übungsmethode weist sich laut Mack die Verwendung von 3 Gummiringen als sehr geeignet, die nacheinander auf der Zungenspitze, eine Woche später zusätzlich auf der Zungenmitte und wiederum eine Woche später zusätzlich am Zungengrund befestigt wurden. Der Patient soll nun 3-mal täglich 10-mal schlucken. Beim Schluckvorgang werden nun die Gummiringe an den Gaumen gedrückt, sodass der Patient selber das Abrollen der Zunge kontrollieren und gegebenenfalls korrigieren kann.

Zusätzlich untersuchte Mack 1993 den intraoralen Bewegungsumfang der Zunge mithilfe einer UV fluoreszierenden Paste und stellte dabei fest, dass die intraorale Reichweite bei Männern und Frauen ungefähr gleich ist und jeweils bis zum ersten Molaren in jedem Quadranten reicht⁴³.

Die Zunge sollte dabei so gelenkig sein, dass die Zungenspitze unter ständigem Kontakt mit dem Boden der Umschlagfalte diese vollständig umfahren kann. Laut der Studie von Mack gelang dies 10% der Frauen nicht, während alle Männer dazu in der Lage waren⁴³.

Eine Einschränkung der Beweglichkeit der Zunge kann zum Beispiel auf ein Ankyloglosson schließen. Ebenso ist die Zungenbeweglichkeit für Logopäden von großer Bedeutung, da eventuelle Sprachschäden durch eine mangelnde Mobilität der Zunge verursacht werden können. Zum anderen kann durch eine mangelnde Mobilität ein falsches Schluckmuster vermutet werden.

Im Gegensatz dazu kann es bei einer Hypermobilität zu großen Problemen bei der Anfertigung von prothetischem Zahnersatz kommen, da z.B. ein totaler Ersatz im Unterkiefer oft nur unbefriedigend halten kann.

Weiterhin spielen auch Habits in Stresssituationen wie Zungenpressen, Lutschen und Knabbern an Stiften oder das Einlagern der Zunge zwischen den Zähnen eine wichtige Rolle bei der Beurteilung von Zungenfunktionen. Die Patientenangaben über eventuelle Gewohnheiten sind laut einer Untersuchung von Mack nicht zuverlässig, besonders in Bezug auf Lippenpressen und verschiedene Zungenbewegungen. Dabei unterschätzen die meisten Patienten ihre Zungenaktivität. Eine zusätzliche zahnärztliche Diagnostik ist daher unabdingbar.

Aus dem anatomischen und funktionellen Zusammenhang der Wirbelsäule und dem Gesichtsschädel bzw. deren muskulärer Strukturen lässt sich leicht auch auf einen Zusammenhang der Fehlstellungen und Fehlfunktionen beider Strukturen schließen. Inwieweit Fehlfunktionen und somit auch Dysgnathien im orofazialen Bereich mit verschiedenen Körperhaltungen in Verbindung zu bringen sind, wird in der Literatur nur geringfügig diskutiert.

H. und U. Hirschfelder untersuchten in verschiedenen Arbeiten den Zusammenhang zwischen Halswirbelsäule und orofazialen Strukturen bzw. Krankheitsbildern^{24;25;28}. Dabei zeigten sie einen deutlichen Zusammenhang zwischen Patienten mit Progenie und vermehrt strukturellen Veränderungen der oberen Halswirbelsäule. In einer anderen Arbeit konnte hingegen einem Zu-

sammenhang zwischen Haltungsschaden und Distalbisslage bzw. einer Artikulationsstörung kein Nachweis erbracht werden²⁷.

Eine weitere Studie von U. und H. Hirschfelder zeigt hingegen, dass bei Wirbelsäulenskoliosen sehr häufig auch charakteristische Deformationen des Gesichtsschädels vorkommen, wobei nach deren Beobachtung die Gesichtsskoliose als Ausgleichskrümmung für eine Wirbelsäulendeformation aufgefasst werden kann²⁶.

Weitere Autoren untersuchten den Einfluss der Körperhaltung auf die Muskelaktivität verschiedener supra- und infrahyoidalen Muskeln im EMG, wobei Tripodakis et al. feststellten, dass die Körperhaltung Lokalisierung und Reproduzierbarkeit der zentrischen Okklusion sowie der zentrischen Relation nicht beeinflusst⁶³. Miralles et al. zeigten in einer Studie von 2006, dass die Aktivität der suprahyoidalen Muskulatur in verschiedenen Körperhaltungen und verschiedenen Kieferpositionen keine Unterschiede aufweist, die Aktivität der infrahyoidalen Muskulatur jedoch signifikante Unterschiede in den gemessenen Körperpositionen aufweist⁴⁵. De Mayo et al. untersuchten 2005 ebenfalls verschiedene Muskeln auf deren unterschiedliche EMG-Aktivitäten bei verschiedenen Körperhaltungen während des Atmens. Dabei beobachteten sie signifikante Unterschiede in der Aktivität der suprahyoidalen Muskulatur sowie der des m. sternocleidomastoideus bezüglich der verschiedenen Körperposition⁷.

Auch Takahashi et al. untersuchten 2002, ob Unterschiede im Atmungsmuster oder der Körperhaltung Änderungen in der Muskelaktivität des m. genioglossus und des m. geniohyoideus verursachen. Der m. genioglossus zeigte in seiner Aktivität dabei signifikante Unterschiede durch eine Änderung der Körperhaltung⁶¹.

Einer weiteren Untersuchung nach, die Perinetti 2005 durchführte, konnte kein Zusammenhang zwischen Körperhaltung und Okklusion gefunden werden⁴⁹.

Um Zungendyskinesien, Zungenfehlbildungen und Dysgnathien nun klinisch objektiv diagnostizieren zu können, bedarf es einer objektivierbaren Methode, die möglichst zeitsparend, biologisch unbedenklich und einfach anzuwenden ist.

Die gebräuchlichen diagnostischen Verfahren zur Feststellung von Zungenfunktionsstörungen basieren weitgehend auf klinischer Inspektion, Druckmessung, Palatographie, Elektropalatographie, Ultraschallsonographie, Videoendoskopie und radiologischen Methoden^{3-5;8;10;11;17;36;37;41;66;67}.

Diese Methoden erlauben keine direkte und reproduzierbare Darstellung des Bewegungsablaufs bestimmter definierter Messpunkte orofazialer Strukturen (insbesondere der Zunge) im zeitlichen Ablauf oder sie sind mit einer Strahlenbelastung verbunden.

Die elektromagnetische Artikulographie (EMA) ist ein Verfahren mit einer in allen drei Dimensionen guten räumlichen und zeitlichen Auflösung, gesundheitlich unbedenklich und relativ unaufwendig anzuwenden. Durch die freie intraorale Platzierung der Spulen können die Messorte relativ frei gewählt werden. Die Spulen sind klein und behindern den physiologischen Bewegungsablauf von Zunge und Lippen beim Sprechen und Schlucken nur in geringem Maße. Dazu kommt, dass die Messungen an Referenzpunkten orientiert sind. Die gewonnenen Daten lassen sich durch spezielle Programme leicht verarbeiten und auswerten.

Die EMA kann als ein nicht invasives Verfahren alle am Schluckakt und an der Artikulation der Sprache beteiligten intra- und extraoralen Strukturen wie Ober- und Unterlippe, OK- und UK- Gingiva, Zungenspitze, Zungenrücken und Zungenrund erfassen und dreidimensional zueinander darstellen. Ein real-time Vergleich von Akustik und Kinematik ist somit möglich. Ebenso können Schluck- und Artikulationsvorgänge unbedenklich mehrfach wiederholt werden.

Bisherige Untersuchungen mit der EMA zeigen eine Reproduzierbarkeit von Zungenbewegungen bei Sprech- und Schlucksequenzen. Die bislang vorliegenden Daten weisen nach, dass bestimmte Strecken und Winkel der in Einzelsegmente unterteilten Bewegungsbahnen durch eine günstige Reproduzierbarkeit gekennzeichnet sind und sich deshalb besonders gut für derartige Untersuchungen eignen^{33;34}. Ein Vergleich mit einem zeitgleich erhobenen Funktionsbefund zeigte verstärkte Sagittalbewegungen der Zungenspitze während des Schluckaktes bei auffälligen funktionellen Befunden. Gleichzeitig konnte eine

gesteigerte Variabilität der Bewegungsbahnen während des Leer- und Wasserschluckens bei funktionell auffälligen Patienten nachgewiesen werden^{31;32}. Andererseits fiel eine verringerte zeitliche Variabilität dieser Patienten bei Sprechbewegungen auf³⁰.

Mit einer Neuentwicklung des Elektromagnetischen Artikulographen wurde das Messsystem novelliert, das durch sein Konstruktionsprinzip Fehlerquellen des bisherigen Messsystems eliminiert, die Samplingrate erhöht und weitere Messgrößen wie Sensorverdrehung und Abweichung aus der Sagittalebene erfasst. Zusätzlich sind Langzeitaufnahmen möglich, um das spontane Schlucken über einen längeren Zeitraum verfolgen zu können. Außerdem wurde ein komplett neuer Messhelm konstruiert, welcher durch seine Leichtbauweise und sein Konstruktionsprinzip einen besseren Halt auf dem Kopf des Probanden gewährleistet und nur noch 1300g wiegt. Ein kleiner dimensionierter Messhelm gestattet Aufnahmen bei Kindern. Der zeitliche Aufwand für das Kalibrieren des Messsystems konnte um ca. 90% reduziert werden und ist jetzt innerhalb weniger Minuten durchführbar.

Mit diesem Messsystem sollen langfristig Einflüsse orofazialer Dyskinesien, Kieferfehlstellungen und deren Korrektur auf die Lippen- und Zungenmotorik untersucht werden. Erwartet werden dadurch neue Erkenntnisse zu den Auswirkungen von kieferorthopädischen, kieferchirurgischen und funktionsverbessernden Maßnahmen auf die orofaziale Muskulatur. Somit sind eine genauere Therapieplanung, insbesondere bei Bestehen einer orofazialen Fehlfunktion, und damit auch eine verbesserte Rezidivprophylaxe möglich. Kinematische Muster der Schluckbewegungen bei den untersuchten Dysgnathieformen besonders vor und nach Therapie können genauer analysiert werden.

Das Ziel dieser Studie ist es zum einen herauszufinden, ob die von uns gestellten Voraussetzungen an die an der Studie teilnehmenden Probanden so gewählt wurden, dass man davon ausgehen kann, dass diese als „physiologisch“ in Sprache und Schluckmuster anzusehen sind. Das bedeutet, dass die ermittelten räumlichen und zeitlichen Werte der einzelnen Probanden so nahe bei-

einander liegen, dass man davon ausgehen kann, dass sie reproduzierbar sind und somit als „physiologisch“ angesehen werden können.

Der Datenpool dieser physiologischen Probanden soll später mit dem der Patienten, die ein pathologisches Sprech- oder Schluckmuster aufweisen, verglichen werden können.

Statistisch gesehen sollten die Messfehler, gemittelt über alle Probanden, so gering wie möglich bleiben. In eng begrenzten Auswahlkriterien wurden alle bisher bekannten Ursachen für existierende Störungen des Sprech- und Schluckablaufes wie etwa viszerales Schluckmuster, Sigmatismus, Deformationen und anatomische Veränderungen innerhalb der Mundhöhle oder umfangreicher Zahnersatz ausgeschlossen.

Zum anderen soll festgestellt werden, ob die Bewegungsmuster der Zunge beim Schluckvorgang und bei der Lautbildung von verschiedenen Körperhaltungen abhängig sind. Es wurden alle Messvariablen unverändert in entspannter und in aufrechter Körperhaltung aufgezeichnet. Mögliche Unterschiede in Zeitspannen, Winkeln oder räumlichen Differenzen können erfasst werden, falls eine veränderte Körperhaltung diese bedingen.

Weiterhin soll untersucht werden, ob bezüglich der Bewegungsbahnen der Zunge eventuell ein Unterschied zwischen Männern und Frauen besteht, und dies somit bei weiteren Messungen ebenfalls beachtet werden muss.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Studienpopulation

Die Studienpopulation besteht aus 25 Probanden, 11 Männern und 14 Frauen. Das Durchschnittsalter betrug zum Zeitpunkt der Untersuchung 24,36 Jahre. Der älteste Teilnehmer war 29 Jahre und 1 Monat alt, der jüngste 23 Jahre und 1 Monat alt.

Die Versuchsteilnehmer wurden so ausgewählt, dass möglichst viele pathologische Veränderungen im orofazialen Bereich, sowie myofunktionelle Störungen der Kau-, Nacken-, Halswirbelsäulen- und Rückenmuskulatur und anatomische Veränderungen der knöchernen Strukturen ausgeschlossen werden konnten.

Alle Probanden hatten eine beidseitige Neutralbisslage und jeder wies ein physiologisches Schluck- und Sprechmuster auf. Keiner von ihnen trug zum Zeitpunkt der Versuchsreihe eine Multibandapparat, einen fixed retainer oder eine andere kieferorthopädische Apparatur. Die Versuchsteilnehmer hatten maximal einen geringen frontalen Engstand, keinen Kreuzbiss, keine Okklusion und keinen seitlich oder frontal offenen Biss. Alle wiesen einen kompetenten Lippenchluss auf. Die Motorik des Zungenbändchens war bei allen Versuchsteilnehmern frei.

Eine prothetische Versorgung in der Front wie z.B. Kronen- oder Brückenersatz konnte bei allen Probanden ausgeschlossen werden. Lediglich Einzelzahnversorgungen in korrekter anatomischer Form wurden im Seitenzahnbereich akzeptiert, jedoch keine Brückenkonstruktionen oder herausnehmbar gestalteter Zahnersatz.

Frontzahnkontakt war bei allen Teilnehmern des Versuchs vorhanden, allerdings funktionell unauffällig. Die Probanden hatten weder eine akute Myoarthropathie noch eine Arthralgie.

Alle Versuchsteilnehmer waren körperlich gesund, sie hatten keine Erkältungskrankheiten, alle arbeiteten gut mit und waren gleichermaßen gut motiviert. Auf eine korrekte Aussprache der jeweiligen Wörter und Texte wurde während des

gesamten Versuchsablaufes geachtet, ebenso wurde eine dialektische Färbung beim Ablesen vermieden.

Einer der Versuchsteilnehmer hatte ein Zungenpiercing, das während der Untersuchung herausgenommen wurde, um keinesfalls die intraoralen Bewegungsabläufe zu behindern.

Anamnestisch litt keiner der Probanden unter einer ausgeprägten Wirbelsäulendeformation wie zum Beispiel einer Skoliose. Keiner von ihnen hatte akute Rückenbeschwerden, Bandscheibenvorfälle oder ähnliches.

Ebenso wurde darauf geachtet, dass keiner der Versuchsteilnehmer zum Zeitpunkt der Untersuchung von zentral wirkenden Medikamenten oder Alkohol beeinflusst war.

Bei keinem der Probanden lag eine allgemeinmedizinische Grunderkrankung motorischer, zentralnervöser oder psychischer Art vor.

Die Versuchsteilnehmer kamen alle aus dem privaten Umfeld. Sie waren und sind keine Patienten der Kieferorthopädischen Poliklinik.

Die Voruntersuchungen wurden zum einen mit einem für diese Studie idealisiert zusammengestellten Fragebogen, basierend auf dem aktuellen Fragebogen des Arbeitskreises für Myofunktionelle Therapie (AK-MFT e.V.) der Gesellschaft für orofaziale Dyskinesien, durchgeführt, zum anderen wurden alle Teilnehmer gründlich und umfangreich von OA Dr. Horn klinisch untersucht. Eine Patientinformation über Ablauf und Hintergrund der Studie lag dem Fragebogen bei. Alle Teilnehmer stellten durch ihre Unterschrift ihre Daten zur Verwendung für diese Studie zur Verfügung. Der Untersucher zeichnete jeweils gegen.

Zusätzlich zu den oben genannten Kriterien wurde bei der Untersuchung auf frühere oder bestehende Habits, Mundatmung, und Artikulationen besonders

geachtet. Die Aktivität der orofazialen Muskulatur bei spontanem Schlucken und beim Schlucken nach Aufforderung wurde ebenfalls besonders beachtet (Frage- und Untersuchungsbogen sowie Patienteninformation befinden sich im Anhang).

Bei der Anamneseerhebung sowie bei der Untersuchung fiel auf, dass sich 19 Probanden in früherer Zeit in kieferorthopädischer Behandlung befanden, 10 davon wurden mit festsitzenden Multibandapparaturen und anschließenden herausnehmbaren Platten therapiert, 9 wurden nur mit herausnehmbaren Platten und 4 Probanden ausschließlich oder zusätzlich mit FKO-Geräten behandelt.

Ein geringer frontaler Engstand meist der Unterkieferfrontzähne bestand dabei bei 15 der Untersuchten.

12 Probanden wiesen aufgrund von Knirschen oder Pressen leichte positive Muskelpalpationsbefunde mit leichten Druckdolenzen meist im Bereich des m. masseters auf.

Einen leichten Haltungsschaden in Form von Hohlkreuz oder leichter Skoliose gaben bei der Befragung 8 der Teilnehmer an.

3 der Probanden befanden sich in der Kindheit bereits in logopädischer Behandlung, 2 davon wegen kindlicher Sprachentwicklungsverzögerungen, einer wegen Legasthenie. Ein weiterer Proband begab sich im jugendlichen Alter ebenfalls in logopädische Behandlung als Ergänzung zu einer Gesangsausbildung.

Als Besonderheiten gab es weiterhin, dass bei 2 der Probanden jeweils einer der Prämolaren pro Quadrant im Zuge einer Reihenextraktion entfernt wurde.

Alle Einzelkronen, Inlays, Onlays oder Füllungen waren suffizient gestaltet und korrekt anatomisch geformt.

Ein leichtes, aber nicht therapiebedürftiges Ankyloglosson wurde bei 2 der Probanden festgestellt. Die Zungenmotorik war jedoch bei keinem der beiden eingeschränkt.

2.2. Beschreibung des Messsystems

Zur Registrierung und Darstellung der Sprech- und Schluckbewegungen der Zunge wurde, angelehnt an den Artikulographen der Firma Carstens Medizinelektronik GmbH, von der kieferorthopädischen Abteilung des Universitätsklinikums Tübingen ein Artikulograph entwickelt, der leicht und einfach zu handhaben ist und von dem man sich erhofft, noch genauere Informationen über intra-orale Bewegungsabläufe erhalten zu können.

Ein 1300g leichter Styroporhelm ist an einem Carbonstabrahmen befestigt. Durch seine leichte Bauweise und sein Konstruktionsprinzip gewährleistet der Helm einen besseren Halt auf dem Kopf des Probanden und es ist angenehmer, ihn über einen längeren Zeitraum zu tragen. An dem Carbonegestell sind in der Mediansagittalebene drei Senderspulen befestigt, die im Bereich des Kinns, der Stirn und des Nackens angebracht sind und somit ein gleichseitiges Dreieck mit einer Kantenlänge von 40cm beschreiben. Die Senderspulen erzeugen je ein radialsymmetrisches, magnetisches Wechselfeld, dessen Feldstärke mit dem Abstand zur Empfängerspule kubisch abnimmt. Die Empfängerspulen befinden sich jeweils intraoral an der Zungenspitze, im Abstand zwei und vier Zentimetern entfernt und auf der Gingiva unmittelbar oberhalb der Oberkieferschneidezähne und unterhalb der Unterkieferschneidezähne. Weitere Empfängerspulen sind an Ober- und Unterlippe sowie am Nasionpunkt befestigt.

Zwischen den Empfängerspulen, die sich im genannten Magnetfeld befinden, wird je nach Lage oder Entfernung zu den Senderspulen eine unterschiedlich starke Wechselspannung induziert. Durch die unterschiedlichen Spannungen der Empfängerspulen können die Abstände zwischen der Spule und jedem Sensor gemessen werden, wodurch jedem Zeitpunkt dreidimensionale räumliche Daten mittels eines speziellen Rechnungsprogramms zugeordnet werden können. Zusätzlich zur kinematischen Aufzeichnung kann dabei simultan über ein Mikrofon, das am Aluminiumgestell befestigt ist, die Sprache akustisch aufgezeichnet und ebenfalls graphisch umgewandelt dargestellt werden.

Mit einem speziellen Programm werden die Rohdaten in ein Dateiformat konvertiert, das von dem CAD-Programm „Igor Pro“ gelesen werden kann.

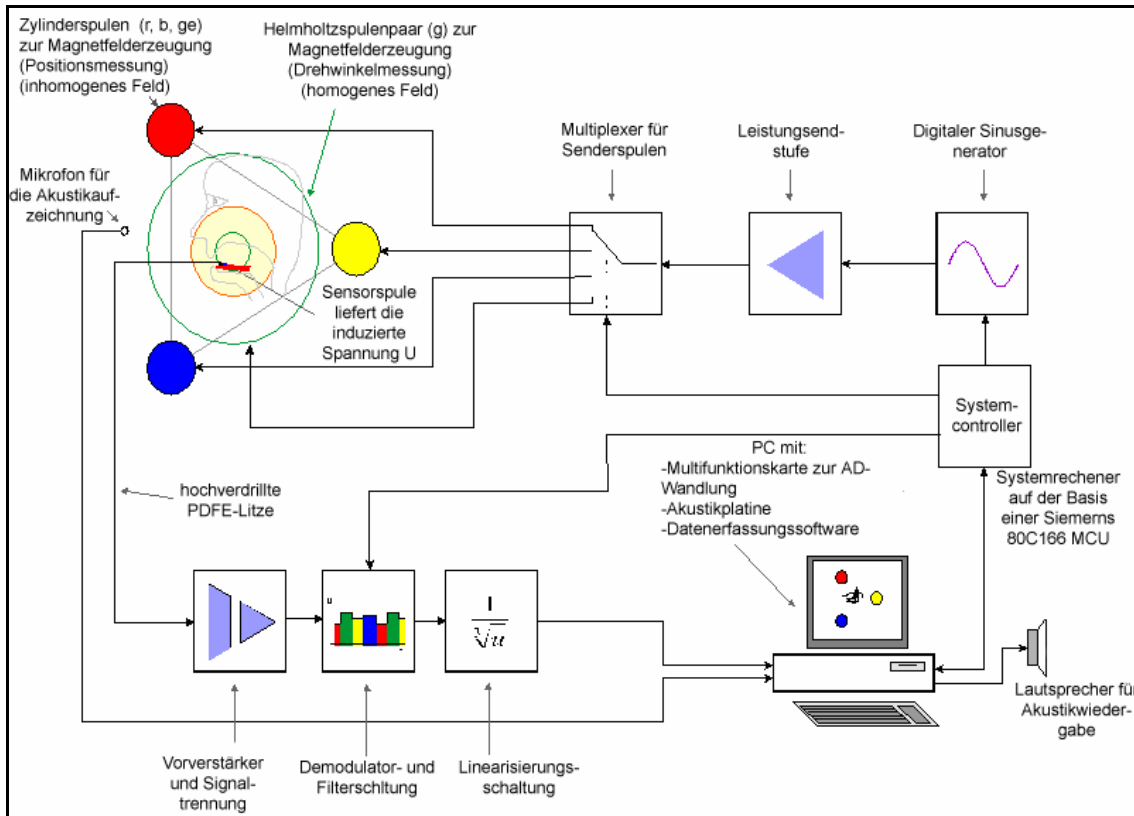


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Datenaufzeichnung und -verarbeitung

2.2.1 Messgenauigkeiten

Das Messsystem ist in der Lage, Translations- und Rotationsbewegungen in der Sagittalebene mit einer Abtastrate von bis zu 1kHz für jeden der 10 Messkanäle aufzuzeichnen.

Durch separate Drehwinkelmessungen können Verdrehungen der Sensorspule und dadurch bedingte Messfehler erfasst und automatisch korrigiert werden.

Die mittlere absolute Messgenauigkeit im klinisch relevanten Zentrum des Messhelms mit dem Durchmesser von 120mm beträgt 0,1mm.

2.2.2 Mögliche Fehlerquellen des Verfahrens

Zu Ungenauigkeiten der Messungen kann es durch verschiedene äußere Einflüsse kommen. Beispielsweise kann es durch die mehr oder weniger gute Passung des Helms zu einem Verrutschen kommen, was einen Messfehler zur

Folge haben kann. Weiterhin kann sich durch ein Ziehen an den Spulenkabeln die Spulenposition in Zugrichtung verändern, wodurch eine weitere Messungengenauigkeit verursacht werden kann.

Auch externe elektromagnetische Felder können das Messfeld stören und zu Messungengenauigkeiten führen. Während der Messungen kommt es ab und zu zu einem unbeabsichtigten Lösen der Spulen. Diese werden nach dem Ablösen wiederbefestigt, und die Messung wird wiederholt. Die Spule kann beim Wiederbefestigen jedoch eine minimale Differenz bezüglich ihrer Position aufweisen.

Die Schleimhautresilienzen sowie die anatomischen Strukturen der einzelnen Probanden unterscheiden sich individuell voneinander, wodurch Messungengenauigkeiten bedingt sein können. Ebenfalls auch anatomisch bedingt ist die Größe der Zunge und deren muskuläre Ausprägung und Stärke. Auch dadurch kann es zu Ungenauigkeiten beim Befestigen und Wiederbefestigen der Spulen kommen. Es wurde jedoch darauf geachtet, die Zungenspulen in einem immer gleich bleibenden Abstand von 2cm zueinander zu befestigen.

Die Messungen der Aufzeichnung des Gaumens bergen ebenfalls durch die manuelle Abtastung Messunterschiede und somit auch individuelle Messungengenauigkeiten.

Es wurde jedoch bei jeder Messung darauf geachtet, die Messungengenauigkeiten so gering wie möglich zu halten, und wenn es doch zu beispielsweise einer Spulenablösung gekommen ist, wurde auf eine genaue Replatzierung der Spulen besonders geachtet.

2.3. Methode

2.3.1 Messvorbereitungen

2.3.1.1 Herstellung einer Schablone zur Registrierung der Kauebene

Ober- und Unterkiefer wurden mit Alginat abgeformt und Modelle aus Superhartgips hergestellt. Auf dem Oberkiefermodell wurde nun mittels einer starren Kunststoffschiene eine Schablone ausgeschnitten, die bis zum äußeren Umfang der Zahnreihen reicht und horizontal quer über den Gaumen verläuft. Zur besseren Adaptation im Mund wurde mesial ein Griff aus demselben Kunststoff angebracht, der zusätzlich einen sicheren Halt im Mund gewährleistet.

Diese Schablone stellt die Kauebene dar und bietet somit durch die zwei darauf angebrachten Senderspulen zur Orientierung weitere Referenzpunkte bei der Bewegungsaufzeichnung. Dafür wurde an drei Punkten, nämlich im Frontzahnbereich und jeweils im Bereich der beiden ersten Molaren mit Futar D (Kettenbach GmbH & Co. KG, Eschenburg, Deutschland) die Schablone mit dem Gipsmodell für eine jederzeit reproduzierbare Position verschlüsselt. Danach wurde der Sitz der Schablone im Probandenmund überprüft. Entsprechend der Sitz der Situation auf dem Modell und war die Passung einwandfrei, wurde nun die Modellmitte auf die Schablone übertragen und darauf zwei Empfängerspulen in kleinen, der Größe der Spulen identischen Mulden mit Sekundenkleber fixiert, und zwar eine hinter den Frontzähnen und eine andere im Bereich der dorsalen Begrenzung des harten Gaumens.

2.3.1.2 Systemkalibrierung

Um für jede Empfängerspule denselben Ausgangswert für die darauf folgende Messung zu erhalten muss das System vor jeder Messung kalibriert werden. Dafür wurde ein Träger entwickelt, auf dem der Helm mit dem Carbongerüst in einer bestimmten Position arretiert werden kann. Dabei werden alle Empfängerspulen in einer bestimmten Position in einem eigens dafür vorgesehenen Raster befestigt und zum Zentrum des Systems, dem Ort des gleichen Abstandes zu den drei Senderspulen ausgerichtet.

Bei korrekter Ausrichtung zeigen die Signalspannungen der Empfängerspulen, die den drei Senderspulen gesandt werden, ihr Maximum.

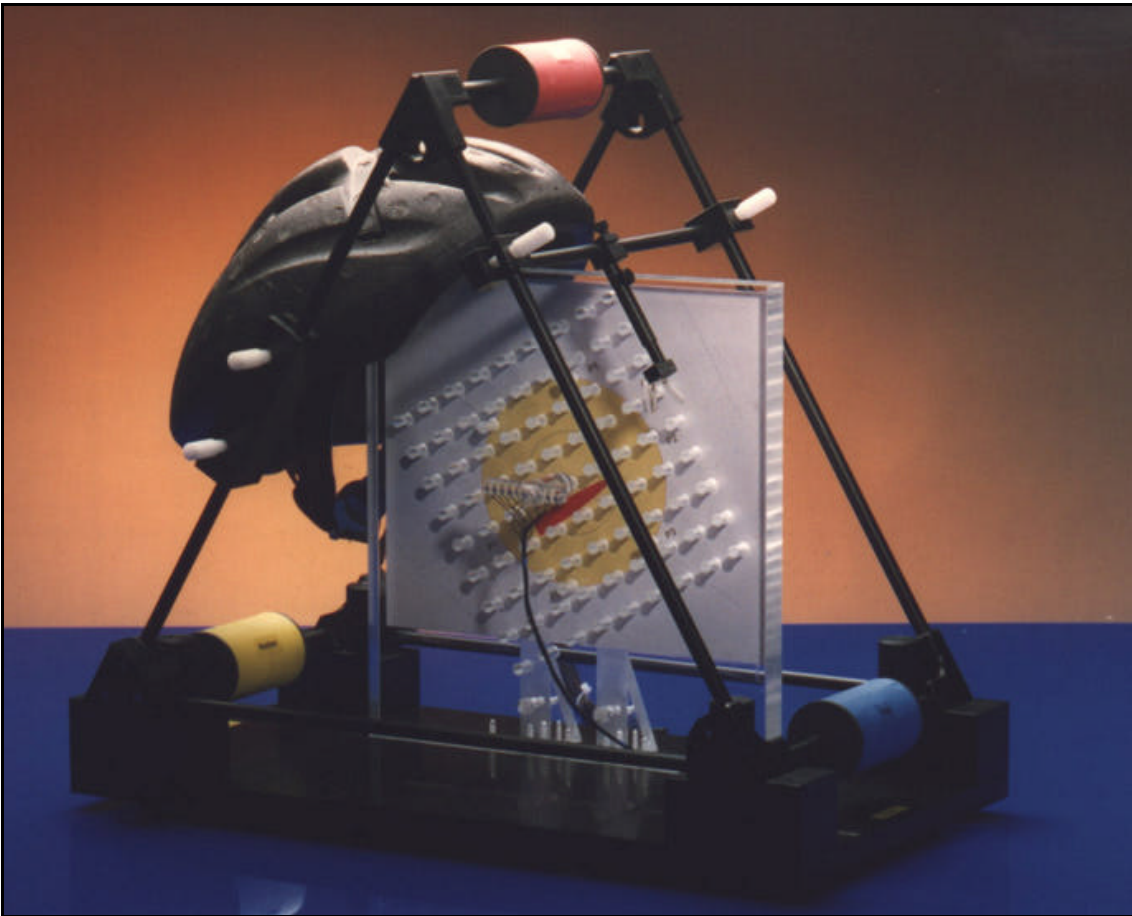


Abbildung 2: Darstellung der Systemkalibrierung

2.3.1.3 Vorbereitung der Empfängerspulen

Vor Beginn der Messung und nach der Kalibrierung des Systems wurde jede Spule mit einer ca. 0,5mm dicken Silikonschicht überzogen, um zum einen die Spulen vor Speichel und Histoacrylklebstoff (Braun, Aesculap, Tuttlingen, Deutschland) zu schützen und zum anderen sie nach Abziehen der Silikonschicht leicht reinigen und wieder verwenden zu können.

2.3.1.4 Positionierung der Empfängerspulen

Drei der Empfängerspulen wurden auf der Zunge befestigt. Da die Zunge als ein rein muskulär gestützter Körper sich bei kleinsten Bewegungen in allen drei Raumdimensionen bewegt, erwies sich das Fixieren der Spulen oft als schwierig. Zuerst wurde mit Mulllagen und Watterollen die Zunge relativ trockengelegt,

danach der sulcus medianus mit Methylenblau markiert und die Spulen durch einen physiologischen Histoacrylkleber auf der Zunge fixiert.

Übersichtstabelle der Spulenpositionen:

Spule	Position
Spule 01	Zungenspitze
Spule 02	Zungenmitte, 2cm posterior der Zungenspitze
Spule 03	Zungengrund, 4cm posterior der Zungenspitze
Spule 04	Labialseite des Ok-fortsatzes zwischen 11 und 21
Spule 05	Labialseite der UK-Gingiva zwischen 31 und 41
Spule 06	Mitte der Oberlippe
Spule 07	Mitte der Unterlippe
Spule 08	Nasion
Spule 09	anterior auf Schablone zur Erfassung der Kauebene
Spule 10	1. posterior auf Schablone zur Erfassung der Kauebene 2. Aufzeichnung der Gaumenkontur

Tabelle 1: Übersicht über alle Spulen

Die erste Spule wurde dabei so gut wie möglich direkt an der Zungenspitze fixiert, ohne dabei jedoch die Bewegung der Zunge zu stören.

Spule 2 wurde zwei Zentimeter und Spule 3 vier Zentimeter dahinter in anterior-posteriorer Richtung angebracht. Dabei ist zu beachten, dass die Spulen senkrecht zur Mittellinie der Zunge ausgerichtet sind.

In Anlehnung an die Studien von Müllauer, Luther und Kretschmer wurde die Referenzspule 4 an der Labialseite des Oberkieferfortsatzes interdental zwischen den zwei ersten Schneidezähnen in Höhe der Interdentalpapille fixiert. Diese Spule dient als erster Referenzpunkt, um eventuell auftretende Helmverschiebungen zu erkennen und sie dann um den Betrag der Verschiebung zurückzurechnen^{38;42;47}.

Spule 5 dient der Erfassung der Unterkieferbewegungen bei Öffnen und Schließen, sowie bei Seitwärtsbewegungen. Dafür wurde sie analog zu Spule 4 labial interdental zwischen den beiden unteren ersten Schneidezähnen in Höhe der Interdentalpapille angebracht.

Um auch Lippenbewegungen beim Sprechen und Schlucken erfassen zu können, wurden im Gegensatz zu den Studien von Luther, Kretschmer und Müllauer an Ober- und Unterlippe je eine weitere Spule befestigt. Dabei wurde Spule 6 in der Mitte der Oberlippe am tiefsten Punkt des Cupidobogens am Übergang von Lippenrot zu Lippenweiß angebracht. Spule 7 wurde in gleicher Weise an der Unterlippe an der Grenze zwischen Lippenrot und Lippenweiß fixiert.

Eine weitere Spule (Spule 8) wurde am Nasenrücken am Nasion befestigt. Da sich der Hautabschnitt an dieser Stelle bei mimischen Bewegungen, beim Sprechen und beim Schlucken am wenigsten mitbewegt, erwies sich dieser Punkt als weiterer Referenzpunkt für sehr geeignet.

Man sollte beim Befestigen aller Spulen jedoch immer beachten, dass die Haut und Schleimhaut möglichst sauber und trocken ist, um ein frühzeitiges Ablösen der Spulen zu verhindern.

Um eine ungewollte Richtungsänderung oder ein Verdrehen der Spulen durch Ziehen an den Spulenkabeln zu verhindern wurde am Aluminiumhelm ein Klettband befestigt, durch das die Drähte der Empfängerspulen spannungsfrei geführt werden können.

Spule 9 und 10 wurden in anterior-posteriorer Richtung auf der oben beschriebenen Schablone befestigt, um die Kauebene aufzuzeichnen. Durch die Aufzeichnung mittels dieser beiden Spulen entsteht eine Referenzebene, zu der die Relation aller Spulen gleich bleibt.

Auch Spule 4 (OK Gingiva) und Spule 8 (Nasion) bilden Referenzpunkte, zu denen die Spulenrelationen immer gleich bleiben. Die Kauebene, OK-Gingiva und Nasion wurden dabei immer gleichzeitig aufgezeichnet.

Diese Referenzpunkte bilden damit die Grundlage für die weitere Ausrichtung aller anderen gewonnenen Daten.

Mit Spule 10 wurde im Anschluss die Gaumenkontur aufgezeichnet.

2.3.1.5 Ausrichtung und Fixierung des Messhelms

Im Gegensatz zu Studien, die mit den Messvorrichtungen der Firma Carstens durchgeführt wurden, wurde hier versucht, durch bestimmte Maßnahmen eine deutliche Gewichtsreduktion zu erreichen. Dafür wurde anstelle eines Acrylglashelms ein einfacher Styroporfahradhelm verwendet und so umgebaut, dass er in einem dünnen und leichten, aber durchaus stabilen Carbongerüst aufgehängt werden konnte. An diesem Gerüst sind auch die drei Senderspulen befestigt. Der Helm ist durch seine Styroporkonstruktion über einen längeren Zeitraum angenehm zu tragen und kann je nach Bedarf mit speziellen Baumwollkissen der jeweiligen Kopfform angepasst werden. Ein individuell verstellbares Gummiband, das am Hinterkopf angebracht wird, sichert zusätzlich den Sitz des Helms. Durch die Leichtbauweise des Helms ist er angenehmer über einen längeren Zeitraum zu tragen.

Beim Anlegen des Helms ist darauf zu achten, dass die unteren Streben des Carbongerüsts in aufrechter und in entspannter Körperhaltung nicht auf der Schulter aufliegen, da sonst der Helm vom Kopf gehoben und Messfehler verursacht werden.

Zuleitungskabel und Mikrofon können an der vertikalen Strebe des Carbongerüsts links oder rechts zugfrei befestigt und in der Höhe verstellt und somit jedem Probanden individuell angepasst werden.

2.3.1.6 Messanordnung

Bei der Messanordnung handelt es sich um drei an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks angeordnete Senderspulen, welche ein Magnetfeld erzeugen, dessen Feldstärke bzw. Flussdichte umgekehrt proportional zur dritten Potenz des Abstandes (r_1 , r_2 bzw. r_3) ist. An einem Sensor (Miniaturinduktivität) kann somit ein Gemisch aus drei Parametern, die in direktem Zusammenhang zur Position des Sensors stehen, gemessen werden. Es sind verschiedene Verfahren denkbar, die sich in der Art und Weise der Signalzusammensetzung am Sensor unterscheiden, z.B. Frequenzmultiplex oder Zeitmultiplex.

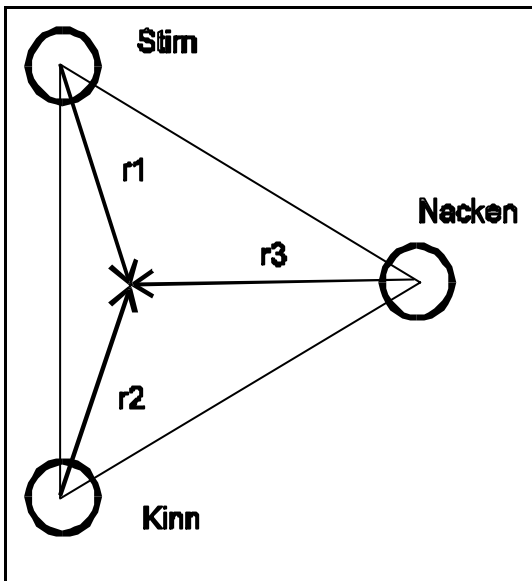


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Messanordnung

Zwischen Messsignal und Entfernung besteht der Zusammenhang $u_x = k / r_x^3$ (u = Messgröße am Sensor; k = Proportionalitätskonstante; r_x = Abstand zur Senderspule x). Diese Abhängigkeit gilt nur, wenn Sender und Sensor parallel ausgerichtet sind. Ist der Sensor bezüglich des Senders um einen Winkel α verdreht, so nimmt die Messgröße u mit dem Faktor $\cos \alpha$ ab³⁵.

2.3.2 Aufzeichnungsphasen

2.3.2.1 Gaumenkontur

Die Gaumenkontur wurde als Referenzwert zur Kontrolle der aufgezeichneten Bahnen herangezogen.

Um die Gaumenkontur aufzuzeichnen, wurde Spule 10 am Zeigefinger des Untersuchers mit Histoacrylkleber befestigt. Dann wurde die Gaumenkontur nachgefahren, und zwar entlang der Mediansagittalebene insgesamt 4-mal von dorsal des Gaumens nach anterior, über die Mitte der Inzisalkanten der beiden ersten oberen Incisivi bis zur Gingiva bzw. zur Interdentalpapille. Die genaueste Aufzeichnung wurde dabei als Referenzwert benutzt.

2.3.2.2 Kauebene

Mithilfe der zuvor am Gipsmodell hergestellten Schablone wurde nun mit 3 Aufzeichnungen der Referenzwert Kauebene aufgezeichnet. Spule 10 befand sich

dabei am dorsalen Ende der Gaumenmitte in der Mediansagittalebene, Spule 9 am mesialen Ende der Hilfslinie, die die Gaumenmitte in der Mediansagittalebene widerspiegelt. Die Spulen sind dabei in einer gefrästen Mulde befestigt, die entsprechend der Spulen gestaltet wurde,

2.3.2.3 Sprachsequenzen

In Anlehnung an eine Reihe von Studien entschieden wir uns für die Untersuchung bestimmter Vokal-Konsonant-Vokal- (VCV) Sequenzen, die alle in ein bestimmtes Wort, und das wiederum in einen bestimmten Satz eingebunden waren. Der Vokal war dabei immer derselbe, um koartikulatorische Einflüsse auf den Konsonanten zu standardisieren und um möglichst immer eine räumlich gleiche Ausgangs- und Endposition der Zunge bezüglich des Gaumens und der Zähne zu erreichen.

Zur Beurteilung der Zungenbewegung stellte sich nach Voruntersuchungen heraus, dass die Sequenzen -tasat-, -tatat-, -talat-, -tanat-, -takat-, -taschat-, und -tafat- dafür am besten geeignet sind.

Um eine möglichst einheitliche Ausgangs- und Endposition der Zunge beim Sprechen der Worte, in die die VCV-Sequenz eingebunden ist, zu erhalten, sollten alle VCV-Sequenzen den gleichen Vokal an erster als auch an zweiter Stelle aufweisen.

Wie auch in den Untersuchungen von Kretschmer, Müllauer und Luther fiel die Wahl des Vokales auf das -a-. Dieser Vokal ist dabei, bezogen auf die Lautbildung, ein tiefer Kardinalvokal, der eine beständige Ausgangsposition der Artikulation zeigt. Außerdem waren bei der Kombination mit den entsprechenden Konsonanten lange und somit gut auswertbare Bewegungstrajektorien zu erwarten und somit auch eine gute Beurteilung der Bewegungsbahnen der VCV-Sequenzen möglich. Voraussetzung war dabei, dass alle Probanden den jeweiligen Satz, (also, das jeweilige Wort und die Sequenz) in Rhythmus, Lautstärke, Sprachtempo, Akzentuierung und Sprachmelodie bei gleich bleibender Klanghöhe möglichst konstant wiedergaben.

Der Konsonant -t- als Explosivlaut ist durch seine dentoalveoläre Artikulationsstellung der Zunge aus kieferorthopädischer Sicht interessant, der Zischlaut -s- zeigte schon in vergangenen Studien eine zuverlässige Zungenposition und Reproduzierbarkeit bei der Auswertung.

Die Sequenz -ascha- ist von Interesse, da der Zischlaut -sch- relativ weit palatinal gebildet wird.

Der Konsonant -k- wird laut Engelke et al. routinemäßig in VCV- Sequenzen bei der Funktionspalatographie angewandt⁹. Auch der Nasallaut -n- erwies sich bei einer Arbeit von Engelke et al. in der VCV-Sequenz -ini- als geeignet, wobei jedoch eine Untersuchung von Hoenig und Schoener zeigte, dass sich die Sequenz -ana- zur Untersuchung von -n- als günstiger erweist¹². Der Laterale-nenlaut -l- wird als CV- Sequenz -la- in einer Arbeit von Schönle et al. verwandt⁵¹.

Hoole et al. untersuchten in einer Studie von 1990 verschiedene Konsonanten in Bezug auf ihre Reproduzierbarkeit und stellten fest, dass bei -s-, -t- und -sch- überhaupt die geringste Streubreite der Lautbildungspositionen auftritt. Hinzu kommt, dass bei der Bildung dieser sechs Konsonanten eine relativ exakte Zungenposition mit einer entsprechenden feinmotorischen Differenzierbarkeit der Zungenmotorik erforderlich ist²⁹. Daher können, wie bereits von Müllauer, Kretschmer und Luther bemerkt, im Voraus relativ konstante Bewegungsbahnen und eine hohe Reproduzierbarkeit für die Untersuchung der Zungenfunktion unter kieferorthopädischen Gesichtspunkten erwartet werden^{38;42;47}.

Zusätzlich zu den bereits erwähnten Konsonanten wurde in dieser Untersuchung noch das -f- hinzugefügt, da es sich bei dessen Aussprache ebenso um eine Grenzposition der Lippenbewegung handelt.

Der Satz, in den die jeweilige Sequenz eingebettet ist lautet:

„Ich habe me-t-...-t-e gesagt“.

Das Wort, in das die VCV-Sequenz eingebettet ist wird im Folgenden immer als „Sweep“ bezeichnet.

Neben den oben genannten Sprachsequenzen, die zur Beurteilung der Zungenfunktion herangezogen wurden, wurde in dieser Studie auch die Funktion der Lippen (Unter- und Oberlippe) untersucht.

Dabei wurde analog zum bereits beschriebenen Vorgehen eine Sequenz in ein Wort, und dieses wiederum in einen Satz integriert, der dann vom jeweiligen Probanden zu sprechen war.

Die Sequenzen bestanden jeweils aus einem Vokal, der zwischen zwei Konsonanten eingebettet liegt. Als Konsonant erwies sich nach Voruntersuchungen das -p- als geeignet, da bei dessen Aussprache die Lippen immer geschlossen sind und man somit eine immer gleiche Ausgangsposition zur Artikulation erhält. Dabei wurde der gleiche Vokal zur ersten wie zur zweiten Position verwendet, sodass die Lippe den gleichen Ausgangs- und Endpunkt erreicht. An die beschriebene Sequenz wurde nun noch ein -e- angehängt, damit das zweite -p- mit einer gleich bleibenden Geschwindigkeit und Art wie das erste -p- gesprochen und ausgewertet werden kann.

Als wechselnder Vokal wurde bei dieser Untersuchung -a-, -e-, -i-, -o-, und -u- verwendet. Die entsprechenden Sequenzen sind folglich -pape, -pepe, -pipe, -pope und -pupe.

Der Satz, in den die Sequenzen eingebaut sind, lautet wie oben:

„Ich habe me-... gesagt“.

2.3.2.4 Text

Um die Bewegungen der Zunge und der Lippen während eines am Stück und gesprochenen Textes genauer zu beachten und beurteilen zu können, wurde ein in der Logopädie entworfenes Textbeispiel am Stück gesprochen, das alle möglichen Grenzpositionen der Zunge und der Lippe, die beim normalen Sprechen auftreten können, beachtet.

Der Text lautet:

„Der Nordwind und die Sonne

Einst stritten sich Nordwind und Sonne, wer von ihnen beiden wohl der Stärkere wäre, als ein Wanderer, der in einen warmen Mantel gehüllt war, des Weges kam. Sie wurden einig, dass derjenige für den Stärkeren gelten sollte, der den Wanderer zwingen würde, seinen Mantel abzunehmen. Der Nordwind blies mit aller Macht, aber je mehr er blies, desto fester hüllte sich der Wanderer in seinen Mantel ein. Endlich gab der Nordwind den Kampf auf. Nun erwärmte die Sonne die Luft mit ihren freundlichen Strahlen und schon nach wenigen Augenblicken zog der Wanderer seinen Mantel aus. Da musste der Nordwind zugeben, dass die Sonne von ihnen beiden der Stärkere war.“

2.3.2.5 Schlucksequenzen

In Anlehnung an mehrere andere Studien und an Untersuchungen von Müllauer, Luther und Kretschmer wurden zum einen der Schluckakt mit 10ml Wasser und zum anderen der Leerschluckakt zur Untersuchung herangezogen^{38;42;47;53}.

2.3.2.6 Dauerschlucken

Im Anschluss an die Schlucksequenzen sollte jeder Proband 10 Minuten in bequemer Position sitzen, wobei die Zungenbewegungen aufgezeichnet wurden. Damit erhofft man sich, den unwillkürlichen, im Gegensatz zur oben genannten Untersuchung nicht aufgeforderten Schluckakt aufzeichnen und bewerten zu können.

2.3.2.7 Aufzeichnungspositionen

Die Sprachsequenzen, der Text, die Schlucksequenzen und das Dauerschlucken (vergl. Kapitel 2.3.2.3, 2.3.2.4, 2.3.2.5 und 2.3.2.6) wurden jeweils in aufrechter und in entspannter Körperhaltung durchgeführt. Die Gaumenkontur und die Kauebene wurden vor Beginn der eigentlichen Aufzeichnungen dagegen nur einmal registriert.

2.3.3 Praktische Durchführung

Die durch die Aufzeichnung gewonnenen Daten wurden in ein Dateiformat konvertiert, das von dem mathematischen Visualisierungsprogramm „Igor Pro“ in der Version 4 lesbar ist.

Nach der Durchführung der klinischen Voruntersuchungen, der Kalibrierung des Systems, der Vorbereitung der Empfängerspulen und der Fixierung am Probanden wurde nun mit der Aufzeichnung der Gaumenkontur begonnen.

Die Gaumenkontur wurde entlang der Mediansagittalebene insgesamt 4-mal von dorsal des Gaumens nach anterior über die Mitte der Inzisalkanten der beiden ersten oberen Incisivi bis zur Gingiva bzw. zur Interdentalspapille nachgefahren. Bei der Auswertung wurden die Aufzeichnungen dann untereinander verglichen und die deutlichste davon ausgewählt und gespeichert.

Links im Bild	=	facial
Rechts im Bild	=	occipital
Oben im Bild	=	cranial
Unten im Bild	=	caudal

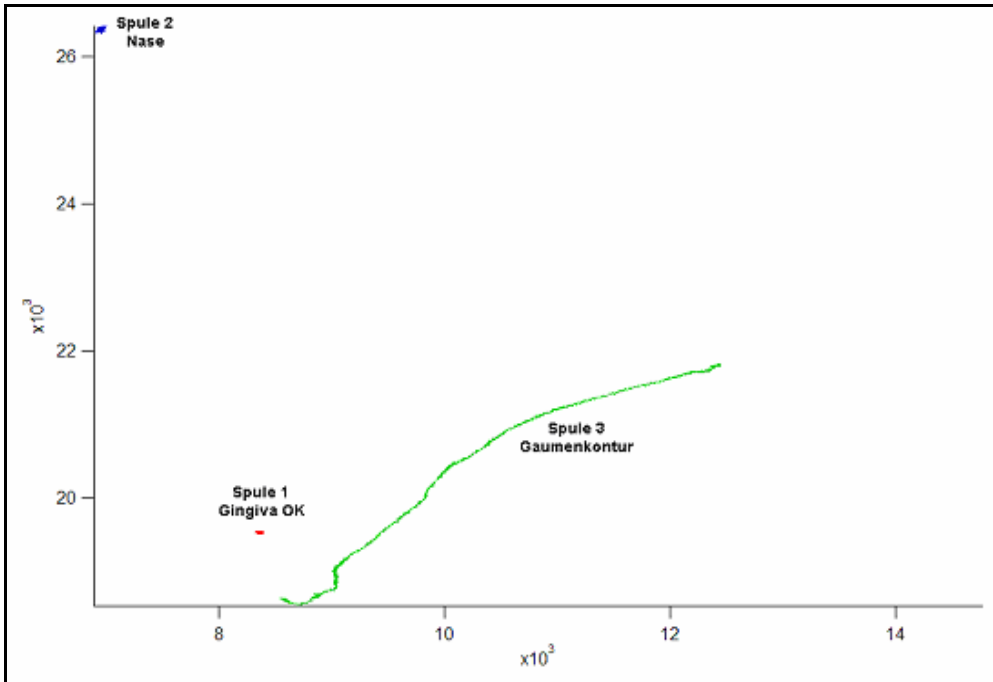


Abbildung 4: Spulendarstellung der Referenzwerte „Nase“, „Gingiva OK“ und der „Gaumenkontur“ (in mm)

Daraufhin wurde die Kauebene mit der bereits beschriebenen Schablone insgesamt dreimal aufgezeichnet. Die beste Aufzeichnung wurde dabei wieder weiterverwendet und gespeichert.

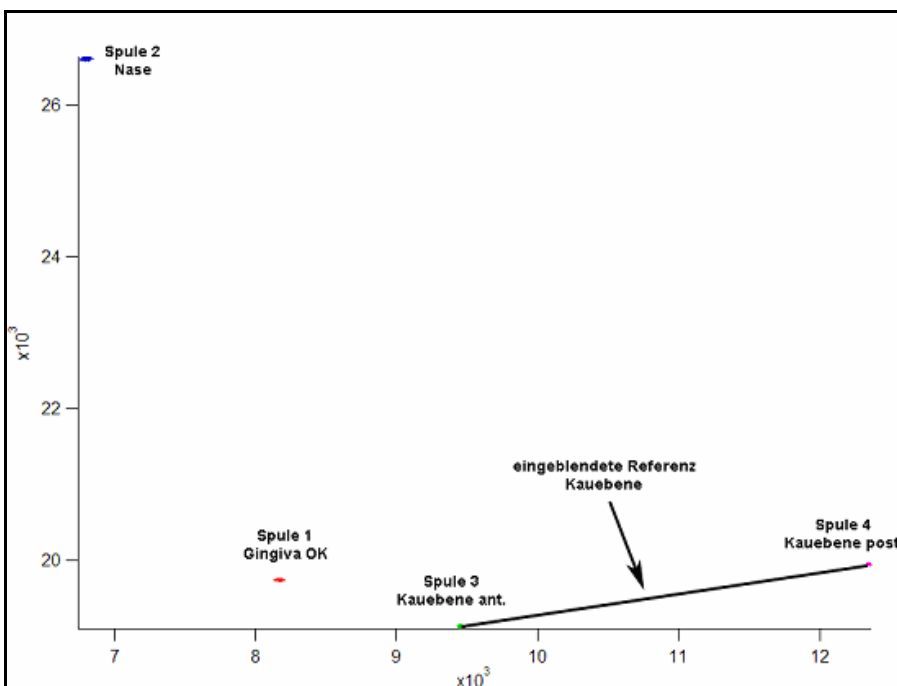


Abbildung 5: Darstellung der Referenzspulen „Nase“, „Gingiva OK“ und der Kauebene (in mm)

Der eigentlichen Aufzeichnung der oben genannten Textsequenzen ging jeweils eine Übungsphase voraus, um mögliche Irritationen durch die Zungenspulen zu vermeiden, und möglichst eine Konstanz in Lautstärke, Klangfarbe und Rhythmus während der Aufzeichnungsphase zu erzielen.

Die verschiedenen Spachsequenzen wurden jeweils 10-mal wiederholt, der Text wurde nur 1-mal gesprochen.

Danach folgten die Aufzeichnungen der Schlucksequenzen. Insgesamt folgten 10 Wasserschluck- und 10 Leerschlucksequenzen. Dabei erwies es sich als günstig, die Sequenzen alternierend durchzuführen, um ein Austrocknen der Mundschleimhaut des Probanden zu vermeiden.

Den Schlucksequenzen folgte nun noch die Aufzeichnung des Dauerschluckens, das insgesamt 10min durchgeführt wurde.

2.4. Auswertungskriterien

2.4.1 Auswertung der aufgezeichneten Bewegungsbahnen

Die gesamte Aufzeichnung erfolgte durch das CAD- Programm „Igor Pro“. Die konvertierten Daten liegen dabei in der im Folgenden beschriebenen Form und Reihenfolge vor:

2.4.1.1 *.Axx (Akustik Dateien)

Diese Dateien wurden von Nr. 8 bis Nr. 20 in aufrechter Haltung, und dann noch einmal von Nr. 42 bis Nr. 54, entspricht Nr.8 bis Nr.20, jedoch in entspannter Haltung, aufgezeichnet.

2.4.1.2 *.K01 bis *.K04 (Kinematik Dateien) Gaumenkontur

Diese Dateien enthalten 3 aufgezeichnete Spulensignaturen:

1. Spule: OK Gingiva
2. Spule: Nase
3. Spule: mit dem Finger nachgefahrene Gaumenkontur

2.4.1.3 *.K05 bis *.K07 (Kinematik Dateien) Kauebene

Die Dateien enthalten 4 aufgezeichnete Spulensignaturen:

1. Spule: OK Gingiva
2. Spule: Nase
3. Spule: Kauebene anteriore Spule
4. Spule: Kauebene posteriore Spule

2.4.1.4 *.K08 bis *.K41 (Kinematik Datei) VCV, CVC, Text, Dauer-, Schlucken

*.K08 bis *.K41: enthalten 8 aufgezeichnete Spulensignaturen:

1. Spule: Zungenspitze: 0cm dorsal
2. Spule: Zungenrücken: 2cm dorsal
3. Spule: Zungengrund :4cm dorsal
4. Spule: Gingiva OK
5. Spule: Gingiva UK
6. Spule: Lippe OK (Grenze Lippenweiß/ Lippenrot)
7. Spule: Lippe UK (Grenze Lippenweiß/ Lippenrot)
8. Spule: Nasenrücken

Die Aufzeichnungen erfolgen in aufrechter Körperhaltung

*.K42 bis *.K75: wie *.K08 bis *.K41, jedoch die VCV Sequenzen, der Text und die Schlucksequenzen hierbei alle in entspannter Haltung.

2.4.2 Erstellen von Referenzpunkten

Diese so aufgezeichneten Daten sind noch nicht miteinander vergleichbar. Durch den Aufbau der Versuchsanordnung bedingt verändert sich während des Versuchs durch minimale Bewegungen des Helms die Lage der Spulen im Magnetfeld im Vergleich zu der Ausgangslage.

Bei jedem neuen Probanden oder jeder erneuten Messung desselben Probanden liegen die Spulen niemals so, wie in der vorangegangenen Messung im Magnetfeld. Deshalb ist es unbedingt notwendig eine Referenzebene zu finden,

durch die eine Vergleichbarkeit möglich ist. Es bietet sich hier die Kauebene an. Die Relation jeder Spule bleibt in Bezug zu ihr gleich.

Aus diesem Grund wurde von jedem Probanden eine Kauebene mit den Referenzpunkten „OK Gingiva“ und „Nase“ aufgezeichnet. Die hierbei ermittelte Kauebene wurde nun mit Hilfe von Igor Funktionen parallel zur Abszisse ausgerichtet und die mit ihr aufgezeichneten OK- und Nase- Punkte in ihrer alten Relation zur Kauebene verlagert. Der Nullpunkt des Koordinatenkreuzes bildet die Kinnschleife (Empfängerschleife).

Die hiermit gebildeten neuen Referenzpunkte „OK- Gingiva“ und „Nase“ bilden die Grundlage für die weitere Ausrichtung aller anderen gewonnenen Daten. Es müssen jetzt von jeder weiteren Aufzeichnung die Punkte „OK Gingiva“ und „Nase“, mithilfe verschiedener Igor-Funktionen auf die Referenzpunkte verlagert werden.

Zuerst wird der neu aufgezeichnete „OK Gingiva“-Punkt auf den Referenzpunkt „OK Gingiva“ verschoben. Die Relation aller Spulen zueinander bleibt dabei gleich, das heißt, es werden alle Spulen um denselben Betrag mitverschoben.

In einem zweiten Schritt wird dann die neu aufgezeichnete „Nasen“-Position auf den Referenzpunkt „Nase“ rotiert, wobei der neu aufgezeichnete „OK-Gingiva“-Punkt das Rotationszentrum bildet und somit nicht mehr mitrotiert wird.

Das Rotationsverhältnis bleibt dabei, wie im ersten Schritt, exakt erhalten.

Durch diesen Schritt werden alle Aufzeichnungen miteinander vergleichbar.

Weiterhin wurde die Gaumenkontur ebenfalls zu den Referenzpunkten hinzugefügt. Hierdurch wird es möglich, die Zungenbewegungen in Relation zum Gaumen zu vergleichen.

2.4.3 Ausrichtung der Daten

Wie oben beschrieben, werden mit Hilfe der gewonnenen Referenzpunkte die aufgezeichneten VCV- Sequenzen, der Text und die Schlucksequenzen auf die Referenzpunkte angeglichen und somit vergleichbar gemacht.

Durch die oben beschriebene Verschiebung und Rotation der aufgezeichneten Daten werden die Bewegungsbahnen der Zunge und der Lippen in ein reales Verhältnis in der X/Y-Projektion zwischen Gaumen und Kauebene gestellt.

Die nachstehende Abbildung verdeutlicht die graphische Darstellung aller an der Aufzeichnung mitbeteiligten Spulen und Referenzpunkte.

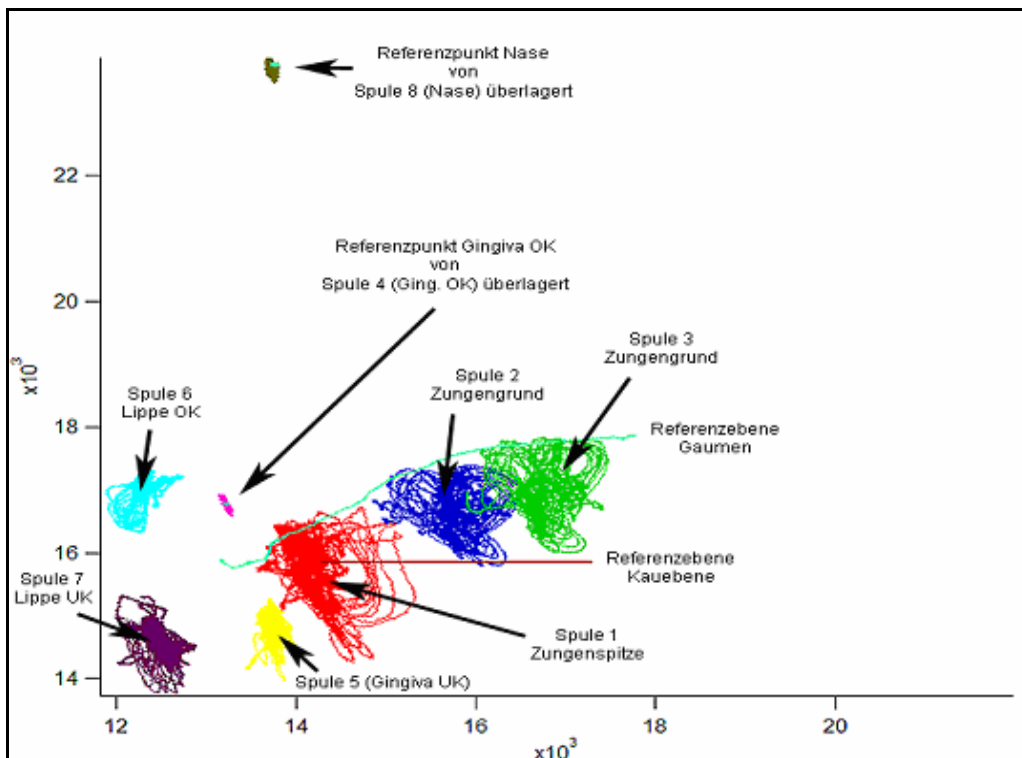


Abbildung 6: Darstellung aller Spulen und Referenzpunkte (in mm)

2.4.4 Filtern der Daten

2.4.4.1 Akustikdaten

Alle Akustikdaten werden mit einem „Highpass“ von 10.000Hz gefiltert. Hierdurch werden störende Geräusche unterdrückt und so die für die Auswertung wichtigen hochfrequenten Töne wie: „t“, „s“, „sch“, etc. hervorgehoben.

Bei manchen Aufzeichnungen wird ein tiefes Grundrauschen oder Brummen bei 50Hz beobachtet. Ob dies von einem Rechnerlüfter, einem schlecht abgeschirmten Stromkabel oder ähnlichem stammt, konnte noch nicht geklärt werden.

Dieses störende Geräusch wird, sofern es auftritt, mit Hilfe eines Notch Filters bei 50Hz weitgehend unterdrückt.

2.4.4.2 Kinematikdaten

Alle Kinematikkurven weisen ein umweltbedingtes Grundrauschen auf. Dieses wird mit Hilfe eines „Lowpass“ Filters eingeebnet. Die Filterfrequenz beträgt 15Hz.

Dies ist erforderlich, damit bei der späteren Peakbestimmung unnötige Fehlerquellen ausgeschlossen werden, was das Risiko „falscher“ Maxima oder Minima vermindert.

2.4.5 Auswertung der Sprachsequenzen

Mit Hilfe der oben genannten Vorarbeiten ist es nun möglich, vergleichbare und möglichst eindeutige Messpunkte in den aufgezeichneten Kurven zu bestimmen und diese zur weiteren Verarbeitung in Tabellenform festzuhalten.

Die gefilterten Kinematikdateien werden mit der entsprechenden gefilterten Akustikdatei in das Programm „Igor Pro“ geladen. Zur Peakbestimmung ist es nötig, sich dabei noch die entsprechenden Spulen anzeigen zu lassen. Das heißt für „metasate“, „metatate“, „metalate“, „metanate“, „metakate“ und „metaschate“ ist es nötig, die Spulen 1, 2 und 3 zusätzlich zur Akustik anzeigen zu lassen, während für „metafate“ zusätzlich die Spule 7 angezeigt werden muss,

da sich nach Durchsicht der Daten herausstellte, dass Spule 7 an der Unterlippe zur Auswertung wesentlich regelmäßiger und somit geeigneter erscheint als die Zungenspulen.

Um die VCV -Sequenz übersichtlicher darstellen zu können, wird jede Sequenz durch Fenster eingegrenzt. Zur Orientierung dient dabei die Akustiksequenz. Es folgen daraus die Fenster 1-10, die jeweils eine Wiederholung der gesprochenen Sequenz enthalten.

Zuerst werden nun die t- Punkte, die die VCV -Sequenz einrahmen, durch manuelles Setzen festgelegt. Die Bestimmung richtet sich allein nach der Akustik, wobei die Kinematikkurven hier unbeachtet bleiben.

Es gelten dabei bestimmte Richtlinien, die bei der t- Punkt- Bestimmung beachtet werden müssen:

1. der t- Punkt soll an den Anfang der Amplitude der Akustiksequenz gesetzt werden, die das -t- darstellt.
2. eventuelle kleinere Ausschläge der Akustikspur, die öfter vor dem eigentlichen t- Punkt vorkommen, dürfen nicht als Ausgangspunkt für das t gewählt werden.
3. beginnt der t-Punkt mit einer gleichmäßigen Amplitude und nicht aus der Ebene heraus, ist der t-Punkt dort zu setzen, wo eine deutliche Amplitudenvergrößerung zu erkennen ist.

Sind alle 20 t-Punkte durch das manuelle Setzen bestimmt, kann nun mit der automatischen Bestimmung der Minima und Maxima, die sich hauptsächlich nach den kinematischen Daten richtet, begonnen werden. Die Akustik dient dabei lediglich als Orientierungshilfe.

Es soll beispielsweise bei der Sequenz „t-a-s-a-t“ ein Minimum beim -a-, ein Maximum beim -s- und wieder ein Minimum beim zweiten -a- gesetzt werden. Dabei entsprechen die Minima und Maxima der Position der Zunge, die beim Sprechen der Sequenz eingenommen wird.

Bei „metasate“ hat sich gezeigt, dass die Spule 1, die sich an der Zungenspitze befindet, die zuverlässigste Aussage über die Zungenposition macht. Der Konsonant -s- wird hauptsächlich durch eine weit kraniale, am Gaumen anliegende Position der Zungenspitze gebildet. Auch die aufgezeichneten Kurven zeigen in fast allen Fällen eine große Gleichmäßigkeit, was auch die automatische Peakbestimmung im Hinblick auf die Genauigkeit und die Anzahl der erstmals berechneten Minima und Maxima erheblich erleichtert. Bei „metatate“, „metalate“, „metanate“ und „metaschate“ wird ebenfalls Spule 1 für die Auswertung verwendet.

Für die Minima- und Maxima- Bestimmung von „metakate“ zeigte sich Spule 1 jedoch als nicht geeignet, da beim Aussprechen der Sequenz „t-a-k-a-t“ das -k- hauptsächlich vom Zungenrücken gebildet wird und dabei die Zungenspitze eher inkonstante Bewegungsabläufe zeigt. Der Zungenrücken jedoch, also Spule 3, zeigt regelmäßige Kurven und definierte erkennbare Positionen der Spule.

Bei „metafate“ hat sich herausgestellt, dass für die Bestimmung der Minima und Maxima die drei Zungenspulen ungeeignet sind, da der Konsonant -f- hauptsächlich durch die Unterlippe gebildet wird. Die Kurven der Spule 7 besitzen somit die größte Aussagekraft und zeigen den gleichmäßigsten Verlauf.

Die Sequenzen „mepape“, „mepepe“, „mepipe“, „mepope“ und „mepupe“ werden in einer anderen Dissertation beurteilt und ausgewertet.

Zeitliche Auswertung der Sprachsequenzen

Die zeitlichen Abfolgen der Sprachsequenzen werden in einer weiteren Arbeit ausgewertet.

Auswertung des Textes

Der Text wird ebenfalls in einer anderen Dissertation ausgewertet.

Auswertung der Schlucksequenzen

Auch dieser Teil der Studie wird in einer anderen Arbeit ausgewertet.

Auswertung des Dauerschluckens

Das Dauerschlucken wird wiederum in einem anderen Teil der Arbeit bewertet.

2.4.6 Variablen zur Auswertung der Bewegungsbahnen

Als Parameter zur Auswertung der Bewegungsbahnen der Sprachsequenzen wurden in Anlehnung an verschiedene andere Studien (^{88;42;47}) folgende Variablen herangezogen:

Übersicht:

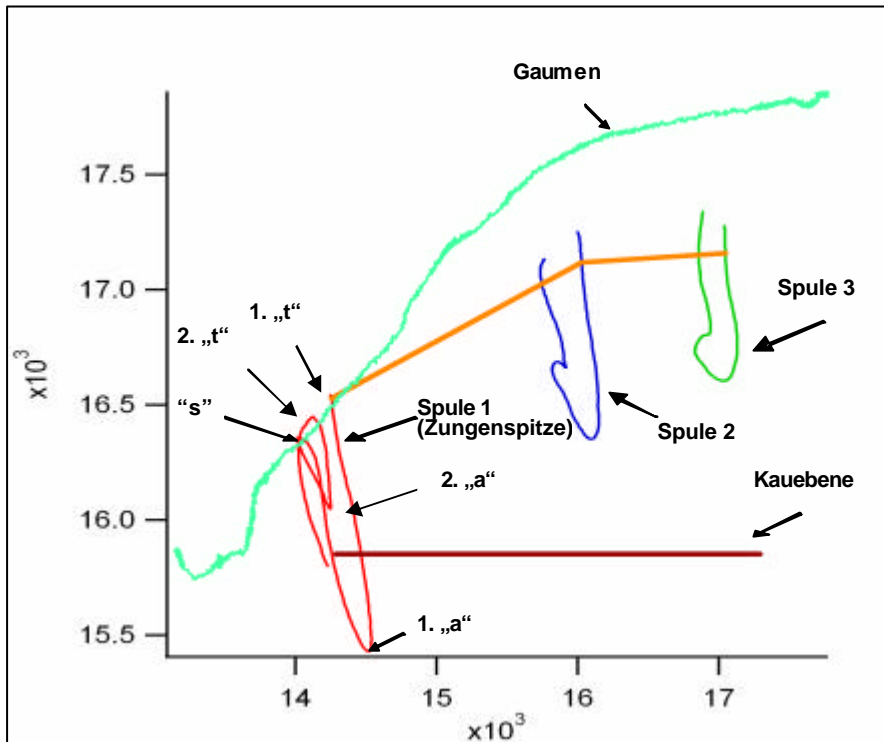


Abbildung 7: graphische Darstellung der VCV-Sequenz (in mm)

1. Feststehende Variablen

a) Positionen (x/y-Koordinaten):

- p1:** Position Beginn 1. "t" der t-VCV-t-Sequenz (1. Marker-Position)
- p2:** Position Extremposition 1. "a" der t-VCV-t-Sequenz
- p3:** Position Extremposition Konsonant der t-VCV-t-Sequenz
- p4:** Position Extremposition 2. "a" der t-VCV-t-Sequenz
- p5:** Position Beginn 2. "t" der t-VCV-t-Sequenz (2. Marker-Position)
- b1:** Schwerpunkt Referenzpunkt Nase
- b2:** Schwerpunkt Referenzpunkt OK

b) Zeitpunkte:

- t1:** Zeitpunkt Beginn 1. "t" der t-VCV-t-Sequenz
- t2:** Zeitpunkt Extremposition 1. "a" der t-VCV-t-Sequenz
- t3:** Zeitpunkt Extremposition Konsonant der t-VCV-t-Sequenz
- t4:** Zeitpunkt Extremposition 2. "a" der t-VCV-t-Sequenz
- t5:** Zeitpunkt Beginn 2. "t" der t-VCV-t-Sequenz

2. Berechnete Variablen

a) Distanzen:

- D1:** Strecke p1p2 ("t1"-V1)
- D2:** Strecke p2p3 (V1-C)
- D3:** Strecke p3p4 (C-V2)
- D4:** Strecke p4p5 (V2-"t2")
- D5:** Strecke p1p5 ("t1"- "t2")
- D6:** Strecke p2p4 (V1-V2)
- D7:** Strecke p1p3 ("t1"-C)
- D8:** Strecke p3p5 (C-"t2")
- D9:** Strecke p1-b2 (x-Richtung)
- D10:** Strecke p1-b2 (y-Richtung)
- D11:** Strecke p2-b2 (x-Richtung)
- D12:** Strecke p2-b2 (y-Richtung)
- D13:** Strecke p3-b2 (x-Richtung)
- D14:** Strecke p3-b2 (y-Richtung)
- D15:** Strecke p4-b2 (x-Richtung)
- D16:** Strecke p4-b2 (y-Richtung)
- D17:** Strecke p5-b2 (x-Richtung)
- D18:** Strecke p5-b2 (y-Richtung)

b) Zeitintervalle:

- T1:** Zeitintervall t1t2 ("t1"-V1)
- T2:** Zeitintervall t2t3 (V1-C)
- T3:** Zeitintervall t3t4 (C-V2)
- T4:** Zeitintervall t4t5 (V2-"t2")
- T5:** Zeitintervall t1t5 ("t1"- "t2")
- T6:** Zeitintervall t2t4 (V1-V2)
- T7:** Zeitintervall t1t3 ("t1"-C)
- T8:** Zeitintervall t3t5 (C-"t2")

c) Winkel:

- Alpha1:** Winkel Kauebene-p1p2 ("t1"-V1)
- Alpha2:** Winkel Kauebene-p2p3 (V1-C)
- Alpha3:** Winkel Kauebene-p3p4 (C-V2)
- Alpha4:** Winkel Kauebene-p4p5 (V2-"t2")
- Alpha5:** Winkel Kauebene-p1p5 ("t1"- "t2")
- Alpha6:** Winkel Kauebene-p2p4 (V1-V2)
- Alpha7:** Winkel Kauebene-p1p3 ("t1"-C)
- Alpha8:** Winkel Kauebene-p3p5 (C-"t2")

Gesamtzahl der Variablen:

Positionen	14
Zeitpunkte	5
Distanzen	18
Zeitintervalle	8
Winkel	8
Gesamt:	53

2.4.7 Bedeutung der Variablen

2.4.7.1 Positionen

Position p1 stellt den Beginn der t-VCV-t Sequenz dar. Als x- Variable ist sie der Beginn aller Messungen bzw. aller ausgewerteten Positionen. P1 stellt die maximale kraniale und ventrale Position, abhängig natürlich vom jeweiligen Sweep, dar. Sie wurde gewählt, um der vermutlich variablen VCV-Sequenz einen stabilen räumlichen Rahmen zu geben. P1 bzw. das erste -t- bildet also die linke Grenze des Rahmens um die VCV-Sequenz.

P5, also das zweite -t-, bildet den rechten Rahmen, der die VCV-Sequenz umgibt und das Ende der VCV-Sequenz anzeigt.

Beide t-Punkte werden dabei nicht automatisch vom Programm bestimmt, sondern manuell nach der Akustik.

Man benötigt p1 und p5, um die für uns statistisch auswertbaren Größen abzuleiten, d.h. p1 und p5 sind Basisgrößen und nicht als Einzelpositionen statistisch verwertbar.

P2 stellt als erste Extremposition, als Minimum der tVCV-t Sequenz, die kaudale Zungenposition dar.

P3 stellt als ein Maximum wieder eine kraniale, aber in der Regel weiter dorsal liegende Position der Zunge dar.

P4 ist analog zu p2 wiederum ein Minimum und zeigt eine kaudale Zungenposition.

P2, p3 und p4 sind automatisch vom Programm berechnete vertikale Extremwerte und bedürfen keiner Orientierung an der Akustiksequenz.

2.4.7.2 Zeitpunkte

Analog der oben genannten Positionen p1 und p5 stellen die Zeitpunkte t1 und t5 einen zeitlichen Rahmen dar, der die Ausgangs- und Endposition der zeitlichen Messungen verdeutlicht. T1 ist also der zeitliche Beginn der t-VCV-Sequenz, t5 stellt das Ende dieser Sequenz dar. T1 und t5 entsprechen dabei den räumlichen Punkten p1 und p2; sie verdeutlichen lediglich den zeitlichen Verlauf, jedoch keine räumlichen Daten.

T2 ist somit die zeitliche Position der räumlichen Koordinate p2 bzw. zeigt die Zeit der Extremposition des ersten Vokals „a“ der VCV-Sequenz.

T3 stellt weiterhin die zeitliche Position des Konsonanten des jeweiligen Sweeps dar, der wiederum mit der räumlichen Koordinate p3 korreliert.

Die zeitliche dritte Extremposition der VCV-Sequenz zeigt die Position t4, das zweite „a“, also der zweite Vokal der VCV-Sequenz.

Zeitpunkte und räumliche Positionen sind somit Werte, die direkt aus der Graphik ablesbar sind und keiner Berechnung bedürfen.

2.4.7.3 Distanzen

Alle Distanzen werden von Igor errechnet und sind nicht direkt beeinflussbar.

D1 ist die Strecke von p1 nach p2, also vom ersten „t“ zum ersten Vokal. Die Zunge beschreibt eine Strecke von der ersten Extremposition, die bei jedem Sweep immer das „t“ ist zur zweiten Extremposition, dem ersten Vokal, der bei allen Sweeps das „a“ ist. Mögliche Abweichungen zwischen den Probanden können dadurch zustande kommen weil, wie bereits zuvor erwähnt, das „t“ manuell gesetzt werden muss und nicht automatisch berechnet wird.

D2 beschreibt die Strecke zwischen p2 und p3, also die Distanz, die die Zunge bei der Bewegung vom ersten Vokal zum Konsonanten zurücklegt. Diese Strecke ist unmittelbar im Verhältnis vergleichbar mit der entsprechenden Strecke anderer Probanden, da die Positionen p2 und p3, bzw. die Positionen des ersten Vokals und des Konsonanten rechnerisch ermittelt werden und nicht objektiv manuell gesetzt werden müssen.

Die Distanz D3 von p3 nach p4, die Strecke vom Konsonanten zum zweiten Vokal, wird ebenso rechnerisch durch zwei Positionen ermittelt, die nicht manuell gesetzt werden und ebenfalls vergleichbar unter den Probanden sind.

D4 wiederum, die Distanz zwischen der Position, die die Zunge bei der Bildung des zweiten Konsonanten und der Bildung des zweiten t Punktes einnimmt, kann eine Ungenauigkeit bezüglich der manuellen Bestimmung des t Punktes aufzeigen.

D5 beschreibt die Distanz vom ersten zum zweiten t- Punkt, und gibt der Messung einen räumlichen Rahmen. Beide t Punkte können Fehler in ihrer Lage zur Folge haben, und zwar durch Ungenauigkeiten in der Abfolge der Akustik oder durch Ungenauigkeiten bei der manuellen Bestimmung.

D6, die Distanz zwischen dem ersten und dem zweiten Vokal, wird wieder rechnerisch ermittelt und kann als direkter Vergleich herangezogen werden.

D7 beschreibt die Strecke zwischen dem ersten t-Punkt und dem Konsonanten, D8 gibt entsprechend die Strecke zwischen dem Konsonanten und dem zweiten t-Punkt wieder und kann somit auch mit D7 gut verglichen werden, was wiederum für den Vergleich zwischen den einzelnen Probanden von Nutzen ist.

D9 – D18 dienen als Referenzstrecken zur Orientierung der Messungen zwischen den jeweiligen räumlichen Positionen p1- p5 und den Referenzpunkten b1 an der Nase und b2 am Oberkiefer jeweils als Strecke in x- und in y Richtung.

2.4.7.4 Zeitintervalle

Die Zeitintervalle T1- T8 stellen analog den räumlichen Distanzen D1- D8 die zeitlichen Strecken dar.

2.4.7.5 Winkel

Alle Winkel werden jeweils von der entsprechenden Strecke und der Kauebene gebildet.

Alpha1 ist somit der Winkel zwischen Kauebene und der Strecke D1.

Alpha2- Alpha8 sind also Winkel zwischen der Kauebene und der entsprechenden Strecke D2- D8.

2.5. Statistische Auswertung

Zur Auswertung wurde das Programm JMP IN in der Version 5.1 verwendet.

Die mit „Igor Pro“ ausgewerteten Rohdaten wurden mit speziellen statistischen Funktionen, die in Igor programmiert wurden, in Textdateien in Tabellenformat umgewandelt, die anschließend in JMP IN importiert werden konnten.

Die 10 Wiederholungen jedes Sweeps wurden für die Ermittlung des Messfehlers sowie des Unterschiedes der Position und der des Geschlechtes pro Sweep gemittelt.

Zuerst wurden die Messfehler nach Bland und Altman ermittelt, ebenso der 1,96- und der 2,77- fache Messfehler.

Ein Maß für die Streuung von Messergebnissen ist deren Standardabweichung. Bland und Altman treffen in ihren Veröffentlichungen die Aussage, dass in 95% der Fälle erwartet werden kann, dass ein Messergebnis um weniger als 1,96, multipliziert mit dem gemessenen Wert des Messfehlers, vom wahren aber unbekanntem Wert abweicht und dass in 95% der Fälle zwei Messergebnisse von ein und derselben Messgröße um weniger als 2,77, multipliziert mit dem gemessenen Wert des Messfehlers, voneinander abweichen. Dies kann mit dem Begriff „repeatability“ bezeichnet werden.²

Dafür wird der einfache Messfehler ermittelt, indem die Quadratwurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Standardabweichung gezogen wird. Der Messfehler wird im Anschluss mit 1,96 bzw. 2,77 multipliziert.

Aufgrund einer Kategorisierung entsprechend der Höhe des Messfehlers konnten die hohen aus dem Datenpool gelöscht werden.

Bezüglich der Distanzen wurde die Kategorisierung wie folgt getroffen:

Kategorie 1: sehr geringe Messfehler, mit drei Sternen bewertet,

Werte = 1,5mm

Kategorie 2: akzeptable Messfehler, mit zwei Sternen bewertet,

Werte > 1,5mm = 3mm

Kategorie 3: gerade noch akzeptable Messfehler, mit einem Stern bewertet,

Werte > 3mm = 4,5mm

Kategorie 4: unakzeptable Messfehler, mit keinem Stern bewertet,

Werte > 4,5mm

Die Winkel wurden wie folgt kategorisiert:

Kategorie 1: sehr geringe Messfehler, mit drei Sternen bewertet,

Werte = 15°

Kategorie 2: akzeptable Messfehler, mit zwei Sternen bewertet,

Werte > 15° = 30°

Kategorie 3: gerade noch akzeptable Messfehler, mit einem Stern bewertet,

Werte > 30° = 45°

Kategorie 4: unakzeptable Messfehler, mit keinem Stern bewertet,

Werte > 45°

Für die weitere statistische Auswertung wurden nur die Messfehler weiterverwendet, die sich in den Kategorien 1 – 3 befanden. Die Messfehler der Kategorie 4 wurden aus dem Datenpool gelöscht.

Mit den so kategorisierten verbleibenden Restdaten wurde jeweils für die Distanzen sowie für die Winkel eine Kovarianzanalyse durchgeführt, um zum einen den Einfluss von Sweep, Variable und Position auf den Messfehler im Gesamtmodell zu ermitteln und zum anderen den Einfluss von Sweep, Variable und Position in drei Einzelmodellen auf den Messfehler zu erfahren.

Dann wurden mit denselben verbleibenden Daten von jeder Distanz bzw. von jedem Winkel Paare aus einer aufrechten und der entsprechenden entspannten Position gebildet, um bezüglich des Messfehlers einen eventuellen Unterschied zwischen den aufrechten und den entspannten Messungen zu ermitteln.

Konnten in speziellen Fällen keine Paare gebildet werden, da einer der Partner einen Wert der Kategorie 4 aufwies und somit aus dem Datenpool gelöscht wurde, wurde der entsprechende Wert des Datenpaares ebenso aus dem Datenpool gelöscht, auch wenn der Wert in der Kategorie 1, 2 oder 3 zu finden war.

Dabei wurden für den Vergleich der aufrechten und entspannten Messungen für jede Variable oneway-Analysen durchgeführt, die den Mittelwert und den Median der Position aufrecht und entspannt gegenüberstellt. Es wurde als non-parametrischer Test der Wilcoxon/ Kruskal- Wallis- Test durchgeführt. Dazu wurde in einem 2-Sample- Test der p-Wert ermittelt.

Ist der p- Wert kleiner als 0,05, beträgt die Differenz zwischen aufrechten und entspannten Messungen ungleich Null. Die Nullhypothese kann also verworfen werden, das heißt, es besteht ein Unterschied zwischen entspannter und aufrechter Körperhaltung.

Ist der p- Wert größer als 0,05, beträgt die Differenz zwischen aufrechten und entspannten Messungen annähernd 0, das heißt es ist nicht zwingend, dass kein Unterschied zwischen der aufrechten und entspannten Körperhaltung besteht. Es kann also kein Umkehrschluss aus der oben genannten Hypothese gezogen werden, da andere Faktoren wie beispielsweise Müdigkeit der Probanden oder die Ermittlung des Mittelwertes aus den 10 Wiederholungen je Sweep eine wichtige Rolle spielen.

Um herauszufinden, ob die Position einen Einfluss auf die Bewegungsbahnen der Zunge hat, wurde zusätzlich zum Einfluss der Position auf den Messfehler eine oneway-Analysen der gemessenen Werte der Distanzen und Winkel durchgeführt. Die Regel für die Paarbildung gilt hier ebenfalls, wie auch sonst die oben beschriebenen Anforderungen gelten.

Für die Ermittlung eines eventuellen Unterschiedes zwischen Männern und Frauen wurde die Ausgangstabelle entsprechend umgestaltet und ebenfalls oneway-Analysen mit den beschriebenen Tests durchgeführt.

Zur Ermittlung der Normwerte wurde der Messfehler mit den gemessenen Werten der Zungenbewegungen in Bezug gesetzt und die Streuung der Daten um den Messfehler ermittelt. Eine Tabelle mit Messfehlern, 1,96-fachem Messfehler, 2,77-fachem Messfehler sowie Standardabweichung, Mittelwert und Sterne-Kategorie gibt die Übersicht. Der Messfehler wurde dabei für jeden Sweep und darin wiederum für jede Variable berechnet. Ein geringer Messfehler deutet auf einen Normwert hin, das heißt, die entsprechende Variable kann zur Diagnostik verwendet werden. Ist der Messfehler hingegen groß, so kann die entsprechende Variable in der Zukunft für diagnostische Messungen nicht herangezogen werden.

3. ERGEBNISSE

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Sprachsequenzen der relevanten Winkel und Distanzen in Bezug zu ihrer räumlichen Darstellung aufgeführt. Es hat sich im Verlauf der Auswertung gezeigt, dass diese, wie im Folgenden beschrieben, statistisch und klinisch bedeutend sind.

Für jeden Sweep wurden in aufrechter und entspannter Position für Winkel und Distanzen verschiedene Variablen ausgewertet.

In allen folgenden Tabellen und Diagrammen werden die Messfehler, Mittelwerte und Standardabweichungen der Distanzen in Millimetern, und der Winkel in Grad angegeben.

3.1. Messfehleranalyse

Zuerst wurde für jede Variable und jeden Sweep des einzelnen Probanden ein Mittelwert über die 10 Wiederholungen gebildet. Es wurden dann über die entstandenen Mittelwerte der 25 Probanden der Mittelwert, die Standardabweichung und der Messfehler, sowie der 1,96-fache und der 2,77-fache Messfehler nach Bland, J.M. und Altman, D.G. gebildet.² Diese wurden für die jeweiligen Variablen nach Sweep und Position (aufrecht bzw. entspannt) bzw. nach Geschlecht (male bzw. female) aufgegliedert.

Auch unter idealen Bedingungen liefert eine Messung einer Messgröße immer ein Ergebnis, das sich dem wahren Wert allenfalls annähert, von diesem unbekanntem Wert aber mehr oder weniger abweicht. Messgeräte lassen ihre Ergebnisse, wenngleich beliebig genau, nur diskret ablesen. Deshalb ist es notwendig anzugeben, wie genau ein Messinstrument es zulässt, Ergebnisse abzulesen.

Im Alltag gibt es keine idealen Messbedingungen. Deshalb unterscheiden sich meist, auch unter möglichst gleichartigen Bedingungen, die Ergebnisse wiederholter Messungen ein und derselben Messgröße. Diese Variabilität wird genutzt, um den Messfehler einer Messung zu schätzen.

3.1.1 Distanzen

Nach Auswertung der vorliegenden oben beschriebenen Werte wurde eine eigene Einteilung in qualitative Kategorien getroffen.

ERGEBNISSE

So wurden bezüglich der Distanzen die mit 1,96 multiplizierten Messfehler mit einem Wert von = 1,5mm mit drei Sternen kategorisiert, die Werte > 1,5mm = 3mm mit zwei Sternen und Werte > 3mm = 4,5mm mit einem Stern gekennzeichnet. Alle Messfehler über einem Wert > 4,5mm erhielten keinen Stern. So ergibt sich folgende Kategorisierung:

Kategorie	Messfehler	Sternchen
1	= 1,5	***
2	>1,5 =3	**
3	>3 =4,5	*
4	>4,5	

Tabelle 2: Kategorisierung der Messfehler der Distanzen

Die erste der beiden folgenden Tabellen zeigt die geringsten Messfehlerwerte, die mit 3 Sternen gekennzeichnet sind. Die zweite Tabelle zeigt die gerade noch akzeptablen Messfehlerwerte, die mit 1 Stern kategorisiert sind. Kategorie 2, also die Tabelle mit 2 Sternen, befindet sich im Anhang.

Sweep	Variablen	Position	N Rows	Mean (Std Dev Werte ²)	Mean (Mean)	Messfehler	1,96 * Messfehler ²	2,77 * Messfehler ²	Messfehler * 1,96 = 1,5(***), = 3(**), = 4,5(*)
Metafate	D04	aufrecht	25	0,45	1,3	0,67	1,31	1,85	***
Metafate	D04	entspannt	25	0,52	1,25	0,72	1,41	1,99	***
Metafate	D05	aufrecht	25	0,53	1,52	0,73	1,42	2,01	***
Metafate	D09	aufrecht	25	0,45	-10,38	0,67	1,32	1,86	***
Metafate	D09	entspannt	25	0,51	-10,47	0,72	1,41	1,99	***
Metafate	D10	aufrecht	25	0,58	-24,15	0,76	1,5	2,12	***
Metafate	D11	aufrecht	25	0,39	-9,33	0,63	1,23	1,74	***
Metafate	D11	entspannt	25	0,5	-9,56	0,71	1,39	1,96	***
Metafate	D13	aufrecht	25	0,27	-10,79	0,52	1,02	1,44	***
Metafate	D13	entspannt	25	0,26	-11	0,51	1,01	1,42	***
Metafate	D14	aufrecht	25	0,36	-17,85	0,6	1,18	1,67	***
Metafate	D14	entspannt	25	0,54	-17,69	0,74	1,44	2,04	***
Metakate	D14	aufrecht	25	0,39	4,51	0,62	1,22	1,73	***
Metakate	D14	entspannt	25	0,58	4,45	0,76	1,49	2,1	***
Metafate	D15	aufrecht	25	0,46	-9,58	0,68	1,33	1,89	***

ERGEBNISSE

Metafate	D15	entspannt	25	0,48	-9,82	0,69	1,36	1,92	***
Metafate	D17	aufrecht	25	0,39	-10,25	0,62	1,22	1,72	***
Metafate	D17	entspannt	25	0,41	-10,43	0,64	1,26	1,78	***

Tabelle 3: Messfehler der Kategorie 1, sortiert nach Variablen

Sweep	Variablen	Position	N Rows	Mean (Std Dev Werte ²)	Mean (Mean)	Messfehler	1,96 * Messfehler ²	2,77 * Messfehler ²	Messfehler * 1,96 = 1,5(***) = 3(**) = 4,5(*)
Metalate	D01	aufrecht	25	2,64	11,14	1,62	3,18	4,5	*
Metanate	D01	aufrecht	25	2,36	10,2	1,54	3,01	4,25	*
Metalate	D02	aufrecht	25	3,43	11,86	1,85	3,63	5,13	*
Metalate	D02	entspannt	25	3,23	11,4	1,8	3,52	4,98	*
Metanate	D02	aufrecht	25	2,61	10,4	1,62	3,17	4,48	*
Metanate	D02	entspannt	25	2,64	9,61	1,63	3,19	4,5	*
Metasate	D02	entspannt	25	2,37	7,73	1,54	3,02	4,26	*
Metatate	D02	entspannt	25	2,43	8,75	1,56	3,06	4,32	*
Metalate	D03	aufrecht	25	3,42	7,39	1,85	3,63	5,13	*
Metalate	D03	entspannt	25	3,09	6,79	1,76	3,44	4,87	*
Metanate	D03	aufrecht	25	2,58	6,03	1,61	3,15	4,45	*
Metaschate	D05	entspannt	25	2,39	2,39	1,55	3,03	4,28	*
Metalate	D06	aufrecht	25	2,52	5,48	1,59	3,11	4,4	*
Metalate	D06	entspannt	25	2,98	5,41	1,73	3,39	4,78	*
Metanate	D06	aufrecht	25	2,38	5,03	1,54	3,02	4,27	*
Metanate	D06	entspannt	25	2,7	5,04	1,64	3,22	4,55	*
Metaschate	D06	entspannt	25	2,65	6,55	1,63	3,19	4,51	*
Metalate	D07	aufrecht	25	4,73	4,24	2,18	4,26	6,03	*
Metalate	D07	entspannt	25	3,4	4,14	1,84	3,62	5,11	*
Metanate	D07	aufrecht	25	3,35	3,12	1,83	3,59	5,07	*
Metanate	D07	entspannt	25	2,98	2,87	1,73	3,38	4,78	*
Metaschate	D07	aufrecht	25	2,4	5,07	1,55	3,04	4,29	*
Metaschate	D07	entspannt	25	2,53	4,92	1,59	3,12	4,4	*
Metalate	D08	aufrecht	25	3,9	4,08	1,98	3,87	5,47	*
Metalate	D08	entspannt	25	3,07	3,97	1,75	3,44	4,86	*
Metanate	D08	aufrecht	25	2,99	2,78	1,73	3,39	4,79	*
Metanate	D08	entspannt	25	2,35	2,7	1,53	3,01	4,25	*
Metaschate	D08	aufrecht	25	2,6	4,05	1,61	3,16	4,47	*
Metaschate	D09	entspannt	25	2,6	8,04	1,61	3,16	4,47	*
Metanate	D10	entspannt	25	3,09	-8,19	1,76	3,44	4,87	*
Metalate	D12	aufrecht	25	2,44	-17,01	1,56	3,06	4,33	*
Metalate	D12	entspannt	25	2,79	-16,88	1,67	3,28	4,63	*
Metanate	D12	entspannt	25	3,11	-16,05	1,76	3,46	4,89	*
Metatate	D12	entspannt	25	2,63	-15,24	1,62	3,18	4,49	*
Metalate	D13	aufrecht	25	3,96	10,54	1,99	3,9	5,51	*

ERGEBNISSE

Metalate	D13	entspannt	25	3	10,48	1,73	3,39	4,8	*
Metanate	D13	aufrecht	25	3,85	9,51	1,96	3,84	5,43	*
Metanate	D13	entspannt	25	3,01	9,37	1,74	3,4	4,81	*
Metatate	D13	aufrecht	25	2,5	9,35	1,58	3,1	4,38	*
Metalate	D14	aufrecht	25	2,66	-5,91	1,63	3,2	4,52	*
Metalate	D14	entspannt	25	2,68	-6,08	1,64	3,21	4,54	*
Metanate	D14	aufrecht	25	2,36	-6,94	1,54	3,01	4,26	*
Metanate	D14	entspannt	25	3,54	-7,41	1,88	3,69	5,21	*
Metaschate	D14	entspannt	25	2,64	-6,62	1,62	3,18	4,5	*
Metakate	D15	entspannt	25	2,49	36,86	1,58	3,09	4,37	*
Metalate	D16	aufrecht	25	2,64	-12,82	1,63	3,19	4,5	*
Metalate	D16	entspannt	25	2,66	-12,49	1,63	3,19	4,51	*
Metanate	D16	entspannt	25	3,87	-12,14	1,97	3,86	5,45	*
Metaschate	D16	entspannt	25	2,9	-9,91	1,7	3,34	4,72	*

Tabelle 4: Messfehler der Kategorie 3, sortiert nach Variablen

Zur vollständigen Übersicht befindet sich die gesamte Tabelle im Anhang. In dieser Tabelle sind keine Messfehler mit einem Wert der Kategorie 4 aufgeführt, die mit „keinen“ Sternen gekennzeichnet wurden.

Als zusätzliche Hilfe zur Beurteilung der Messfehler wurde ein Bewertungsquotient aus der Anzahl der erhaltenen Sterne und der möglichen Variablenzahl, also 36, ermittelt (maximal erreichbarer Wert: 3,0; minimal erreichbarer Wert: 0). Die Variablenzahl setzt sich zusammen aus 18 Distanzen (D01 – D18), jeweils in aufrechter und entspannter Position aufgezeichnet.

Sweep	Bewertungsquotient
metafate:	2,44
metakate:	2,03
metasate:	1,97
metatate:	1,92
metaschate:	1,78
metanate:	1,53
metalate:	1,47

Tabelle 5: Bewertungsquotienten der Messfehler, nach sweep berechnet (in mm)

Das Bewertungsschema zeigt, mit metafate beginnend die beste und mit metalate endend, die schlechteste Bewertung.

Bildet man den Quotienten nicht für den einzelnen Sweep, sondern um jede einzelne Variable zu bewerten, muss der Quotient aus den erhaltenen Sternen und den möglichen Sweep, also 14, gebildet werden. Die Sweepanzahl wieder-

um setzt sich zusammen aus den aufgezeichneten sweeps (metafate, metakate, metasate, metatate, metaschate, metanate und metalate) jeweils in aufrechter und entspannter Position ermittelt.

Der Reihenfolge der Bewertungen nach ergibt sich folgendes Ergebnis: (maximal 3,0, minimal 0)

Variable	Bewertungsquotient
D04:	2,14
D11:	2,14
D17:	2,14
D09:	2,07
D15:	2,07
D05:	2,00
D10:	2,00
D18:	2,00
D14:	1,93
D01:	1,80
D03:	1,78
D13:	1,78
D12:	1,71
D16:	1,71
D06:	1,64
D08:	1,64
D02:	1,57
D07:	1,57

Tabelle 6: Bewertungsquotienten der Messfehler, nach Variable berechnet (in mm)

Die Variablen D04, D11 und D17 zeigen insgesamt die besten, die Variablen D02 und D07 die schlechtesten Werte der Messfehler.

3.1.2 Winkel

Analog zu den Distanzen wurden auch die Winkel mit Hilfe des oben beschriebenen Systems kategorisiert. Der Messfehler, multipliziert mit 1,96, mit einem Wert von $\leq 15^\circ$ wurde mit 3 Sternen, ein Wert $15^\circ < \leq 30^\circ$ mit 2 Sternen, ein Wert $30^\circ < \leq 45^\circ$ mit einem Stern und ein Messfehler von $> 45^\circ$ mit keinem Stern gekennzeichnet. Messfehler, über 45° lagen, wurden aufgrund des schlechten Wertes nicht in die Kategorisierung mit einbezogen. Analog dem oben Beschriebenen befinden sich in Kategorie 1 die sehr guten, in Kategorie 2 die gu-

ERGEBNISSE

ten, in Kategorie 3 die gerade noch akzeptablen und in Kategorie 4 die nicht mehr zu akzeptierenden Messfehler.

Es ergibt sich also:

Kategorie	Messfehler	Sternchen
1	= 15°	***
2	>15° =30°	**
3	>30° = 45°	*
4	>45°	

Tabelle 7: Kategorisierung der Messfehler der Winkel

Die Winkel Alpha 1, Alpha 2 und Alpha 4 liegen überwiegend in den Kategorien 2 und 3.

Sweep	Variablen	Position	N Rows	Mean(Std Dev Wert**2)	Mean(Mean)	Messfehler	1,96*Messfehler	2,77*Messfehler	Messfehler*1,96 <=15(***)/<=30(**)/<=45(*)
Metakate	Alpha1	aufrecht	25	207,61	307,75	14,41	28,24	39,91	**
Metakate	Alpha1	entspannt	25	184,63	306,2	13,59	26,63	37,64	**
Metalate	Alpha1	aufrecht	25	323,3	296,45	17,98	35,24	49,81	*
Metalate	Alpha1	entspannt	25	121,47	298,12	11,02	21,6	30,53	**
Metanate	Alpha1	aufrecht	25	199,51	296,77	14,12	27,68	39,13	**
Metanate	Alpha1	entspannt	25	52,62	300,44	7,25	14,22	20,09	***
Metasate	Alpha1	aufrecht	25	259,97	294,42	16,12	31,6	44,66	*
Metasate	Alpha1	entspannt	25	265,78	293,73	16,3	31,95	45,16	*
Metaschate	Alpha1	aufrecht	25	168,82	299,91	12,99	25,47	35,99	**
Metaschate	Alpha1	entspannt	25	302,22	298,42	17,38	34,07	48,15	*
Metatate	Alpha1	aufrecht	25	197,74	298,42	14,06	27,56	38,95	**
Metatate	Alpha1	entspannt	25	188,03	299,17	13,71	26,88	37,98	**
Metafate	Alpha2	aufrecht	25	12,25	98	3,5	6,86	9,7	***
Metafate	Alpha2	entspannt	25	11,67	97,2	3,42	6,69	9,46	***
Metakate	Alpha2	aufrecht	25	82,71	84,66	9,09	17,83	25,19	**
Metakate	Alpha2	entspannt	25	100,53	84,5	10,03	19,65	27,77	**
Metalate	Alpha2	aufrecht	25	90,29	103,93	9,5	18,62	26,32	**
Metalate	Alpha2	entspannt	25	94	100,96	9,7	19	26,86	**
Metanate	Alpha2	aufrecht	25	112,61	106,84	10,61	20,8	29,39	**
Metanate	Alpha2	entspannt	25	114,31	109,81	10,69	20,96	29,62	**
Metasate	Alpha2	aufrecht	25	62,66	121,23	7,92	15,51	21,93	**
Metasate	Alpha2	entspannt	25	69,58	122,66	8,34	16,35	23,11	**
Metaschate	Alpha2	aufrecht	25	63,61	97,56	7,98	15,63	22,09	**
Metaschate	Alpha2	entspannt	25	63,14	96,71	7,95	15,57	22,01	**
Metatate	Alpha2	aufrecht	25	87,75	110,88	9,37	18,36	25,95	**
Metatate	Alpha2	entspannt	25	67,92	113,54	8,24	16,15	22,83	**

ERGEBNISSE

Metafate	Alpha3	aufrecht	25	390,43	271,26	19,76	38,73	54,73	*
Metafate	Alpha3	entspannt	25	393,78	266,34	19,84	38,89	54,97	*
Metalate	Alpha4	aufrecht	25	267,33	119,89	16,35	32,05	45,29	*
Metanate	Alpha4	aufrecht	25	297,57	119,83	17,25	33,81	47,78	*
Metanate	Alpha4	entspannt	25	507,09	121,47	22,52	44,14	62,38	*
Metasate	Alpha4	aufrecht	25	257,03	110,91	16,03	31,42	44,41	*
Metasate	Alpha4	entspannt	25	431,67	112,69	20,78	40,72	57,55	*
Metatate	Alpha4	aufrecht	25	196,45	117,77	14,02	27,47	38,82	**
Metatate	Alpha4	entspannt	25	371,71	122,31	19,28	37,79	53,4	*
Metasate	Alpha6	aufrecht	25	215,7	121,28	14,69	28,79	40,68	**
Metasate	Alpha6	entspannt	25	268,5	121,58	16,39	32,12	45,39	*
Metaschate	Alpha6	aufrecht	25	506,55	97,59	22,51	44,11	62,34	*
Metafate	Alpha7	aufrecht	25	38,2	93,02	6,18	12,11	17,12	***
Metafate	Alpha7	entspannt	25	41,9	93,54	6,47	12,69	17,93	***

Tabelle 8: Messfehler der Kategorie 1-3, sortiert nach Variablen

Mit drei Sternen, also als sehr geeignet, zeigten sich dabei Winkel Alpha1 im Sweep metanate bei entspannter Aufzeichnung und Alpha 2 bei metafate in aufrechter und entspannter Körperhaltung.

Zusätzlich zeigt Alpha7 im Sweep metafate in aufrechter und entspannter Körperhaltung einen mit drei Sternen bewerteten Messfehler.

Die vollständige Tabelle befindet sich zur Übersicht als Ganzes im Anhang.

Die Werte der Kategorie 4 werden aus den weiteren Analysen ausgeschlossen.

3.1.3 Kovarianzanalysen

Im Weiteren wurden aus den Daten alle nicht akzeptablen Werte (ohne Stern) entfernt. Mit den verbliebenen Daten wurde eine Kovarianzanalyse errechnet. Zur Übersicht wurde im Gesamtmodell der Einfluss von Sweep, Variable und Position auf den Messfehler ermittelt. Anschließend untersuchte man den alleinigen Einfluss von Sweep, Variable sowie Position im Einzelnen auf den Messfehler.

Die Kovarianzanalyse ist ein Verfahren, das die Wirkung mehrerer unabhängiger Variablen auf eine abhängige Variable untersucht. Während die abhängige Variable metrisches Skalenniveau aufweisen muss, findet man unter den erklärenden Variablen sowohl metrische als auch ordinal oder nominal skalierte Variablen.

Die leverage- Plots zeigen graphisch die Signifikanz des Modells bzw. ob ein Effekt signifikant ist oder nicht. Mit Hilfe der Konfidenzkurven kann gezeigt wer-

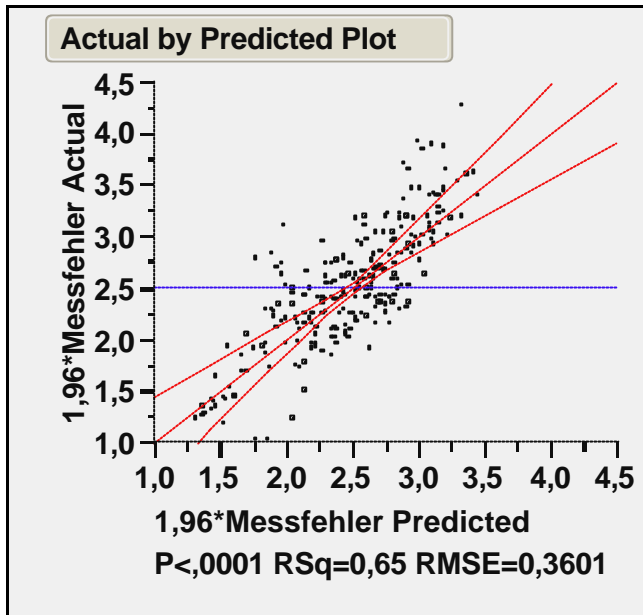
den, ob der Test (zum 5%- Level) signifikant ist oder nicht. Enthält die Konfidenzregion zwischen den Kurven eine horizontale Linie der Mittelwerte, ist der Test nicht signifikant. Kreuzen hingegen die Kurven die Mittelwertlinie, ist der Test signifikant. Nähern sich die Konfidenzkurven asymptotisch der horizontalen Mittelwertlinie, handelt es sich genau um den Grenzfall zwischen signifikantem und nicht signifikantem Einfluss.

Der RSquare- Wert gibt dabei an, mit welchem Prozentsatz das Modell die gesamte Variabilität erklärt.

Zusätzlich zum Gesamtmodell, das den Einfluss von Sweep, Variable und Position ermittelt, wurde in Einzelmodellen der Einfluss jedes einzelnen Parameters separat untersucht.

3.1.3.1 Distanzen

3.1.3.1.1 Gesamtmodell: Einfluss von Sweep, Variable und Position



Summary of Fit

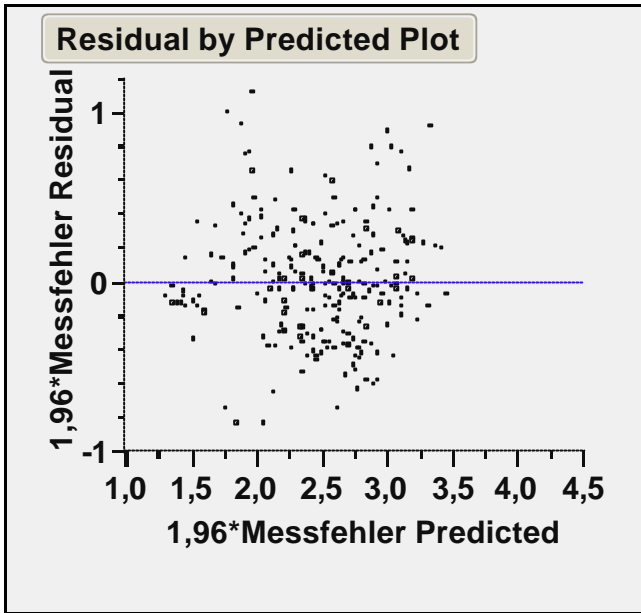
RSquare	0,652948
RSquare Adj	0,616255
Root Mean Square Error	0,360054
Mean of Response	2,498503
Observations (or Sum Wgts)	252

Analysis of Variance

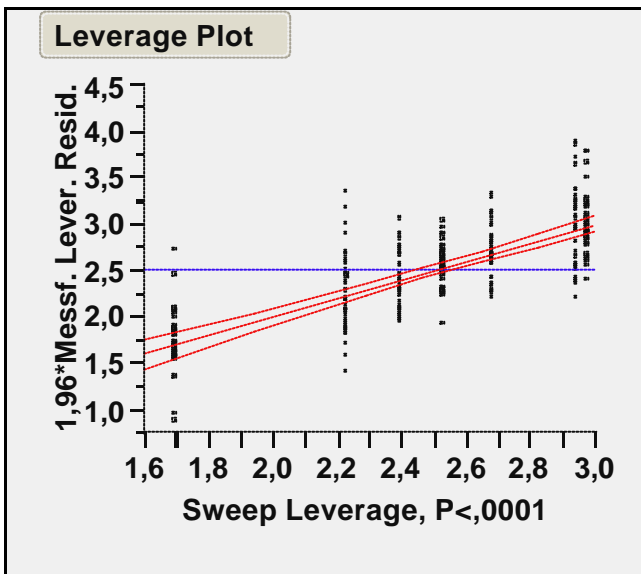
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	24	55,366339	2,30693	17,7950
Error	227	29,428096	0,12964	Prob > F
C. Total	251	84,794435		<,0001

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Sweep	6	6	42,581797	54,7440	<,0001
Variable	17	17	12,350178	5,6039	<,0001
Position	1	1	0,434364	3,3506	0,0685



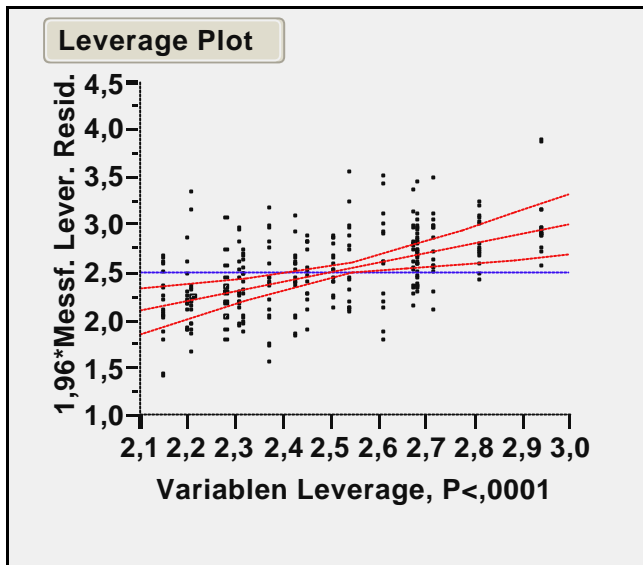
Sweep:



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
Metafate	1,7044414	0,06000907	1,70444
Metakate	2,2321204	0,06000907	2,23212
Metalate	2,9459849	0,06000907	2,94598
Metanate	2,9813294	0,06000907	2,98133
Metasate	2,3984300	0,06000907	2,39843
Metaschate	2,6893050	0,06000907	2,68931
Metatate	2,5379098	0,06000907	2,53791

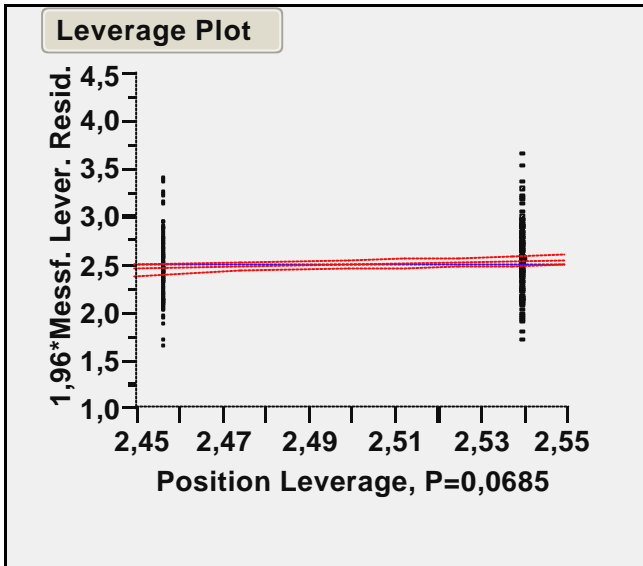
Variable:



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
D01	2,5130282	0,09622859	2,51303
D02	2,8155069	0,09622859	2,81551
D03	2,5423096	0,09622859	2,54231
D04	2,2870512	0,09622859	2,28705
D05	2,4571448	0,09622859	2,45714
D06	2,6889358	0,09622859	2,68894
D07	2,9462025	0,09622859	2,94620
D08	2,7177944	0,09622859	2,71779
D09	2,3130475	0,09622859	2,31305
D10	2,4295377	0,09622859	2,42954
D11	2,2078743	0,09622859	2,20787
D12	2,6890381	0,09622859	2,68904
D13	2,6157272	0,09622859	2,61573
D14	2,3770161	0,09622859	2,37702
D15	2,2155300	0,09622859	2,21553
D16	2,6774376	0,09622859	2,67744
D17	2,1559743	0,09622859	2,15597
D18	2,3238974	0,09622859	2,32390

Position:



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
aufrecht	2,4569859	0,03207620	2,45699
entspannt	2,5400200	0,03207620	2,54002

Expanded Estimates

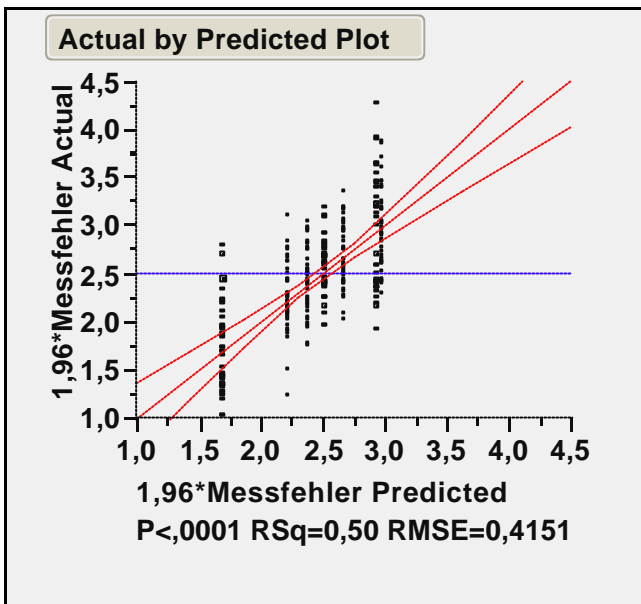
Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	2,498503	0,022681	110,16	<,0001
Sweep[Metafate]	-0,794062	0,055558	-14,29	<,0001
Sweep[Metakate]	-0,266383	0,055558	-4,79	<,0001
Sweep[Metalate]	0,4474819	0,055558	8,05	<,0001
Sweep[Metanate]	0,4828264	0,055558	8,69	<,0001
Sweep[Metasate]	-0,100073	0,055558	-1,80	0,0730
Sweep[Metaschate]	0,190802	0,055558	3,43	0,0007
Sweep[Metatate]	0,0394068	0,055558	0,71	0,4789
Variable[D01]	0,0145253	0,093517	0,16	0,8767
Variable[D02]	0,317004	0,093517	3,39	0,0008
Variable[D03]	0,0438066	0,093517	0,47	0,6399
Variable[D04]	-0,211452	0,093517	-2,26	0,0247
Variable[D05]	-0,041358	0,093517	-0,44	0,6587
Variable[D06]	0,1904328	0,093517	2,04	0,0429
Variable[D07]	0,4476995	0,093517	4,79	<,0001
Variable[D08]	0,2192914	0,093517	2,34	0,0199
Variable[D09]	-0,185455	0,093517	-1,98	0,0486
Variable[D10]	-0,068965	0,093517	-0,74	0,4616

ERGEBNISSE

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Variable[D11]	-0,290629	0,093517	-3,11	0,0021
Variable[D12]	0,1905351	0,093517	2,04	0,0428
Variable[D13]	0,1172242	0,093517	1,25	0,2113
Variable[D14]	-0,121487	0,093517	-1,30	0,1952
Variable[D15]	-0,282973	0,093517	-3,03	0,0028
Variable[D16]	0,1789346	0,093517	1,91	0,0570
Variable[D17]	-0,342529	0,093517	-3,66	0,0003
Variable[D18]	-0,174606	0,093517	-1,87	0,0632
Position[aufrecht]	-0,041517	0,022681	-1,83	0,0685
Position[entspannt]	0,0415171	0,022681	1,83	0,0685

3.1.3.1.2 Einzelmodell: Einfluss von Sweep



Summary of Fit

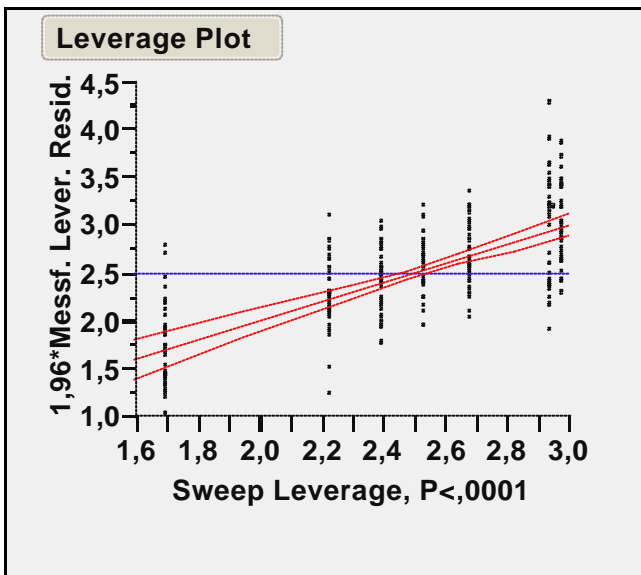
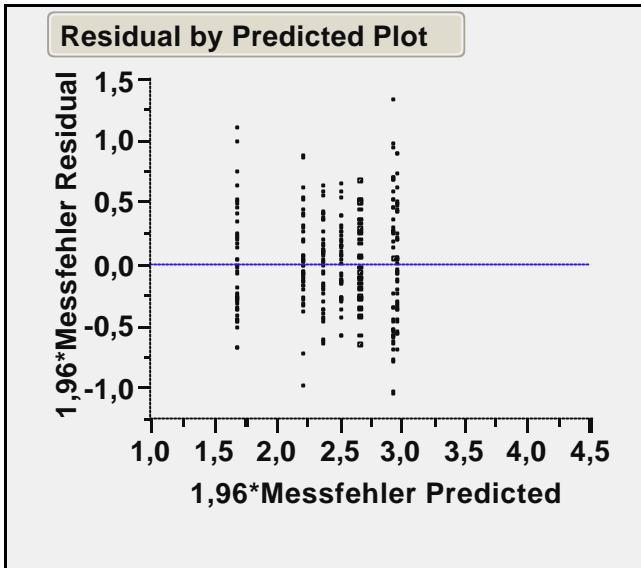
RSquare	0,502177
RSquare Adj	0,489985
Root Mean Square Error	0,415086
Mean of Response	2,498503
Observations (or Sum Wgts)	252

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	6	42,581797	7,09697	41,1904
Error	245	42,212638	0,17230	Prob > F
C. Total	251	84,794435		<,0001

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Sweep	6	6	42,581797	41,1904	<,0001



Least Squares Means Table

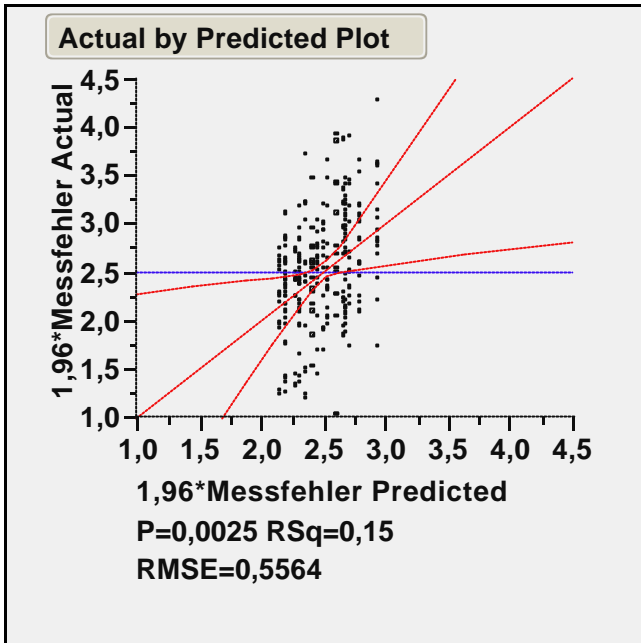
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
Metafate	1,7044414	0,06918102	1,70444
Metakate	2,2321204	0,06918102	2,23212
Metalate	2,9459849	0,06918102	2,94598
Metanate	2,9813294	0,06918102	2,98133
Metasate	2,3984300	0,06918102	2,39843
Metaschate	2,6893050	0,06918102	2,68931
Metatate	2,5379098	0,06918102	2,53791

Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	2,498503	0,026148	95,55	<,0001
Sweep[Metafate]	-0,794062	0,064049	-12,40	<,0001
Sweep[Metakate]	-0,266383	0,064049	-4,16	<,0001
Sweep[Metalate]	0,4474819	0,064049	6,99	<,0001
Sweep[Metanate]	0,4828264	0,064049	7,54	<,0001
Sweep[Metasate]	-0,100073	0,064049	-1,56	0,1195
Sweep[Metaschate]	0,190802	0,064049	2,98	0,0032
Sweep[Metatate]	0,0394068	0,064049	0,62	0,5390

3.1.3.1.3 Einzelmodell: Einfluss von Variable



Summary of Fit

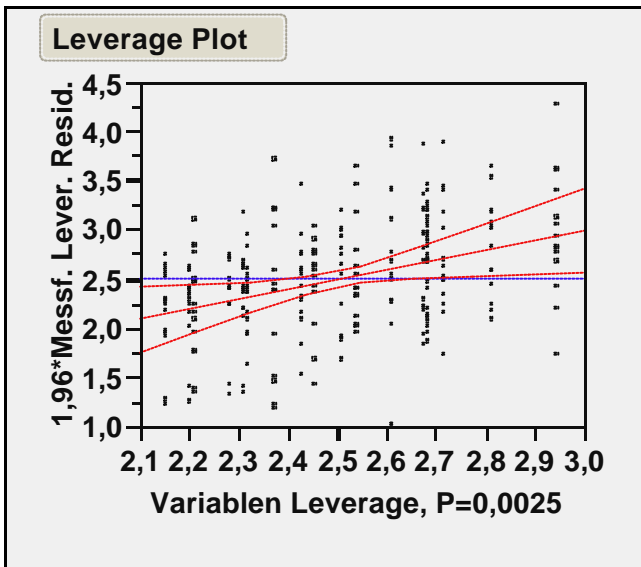
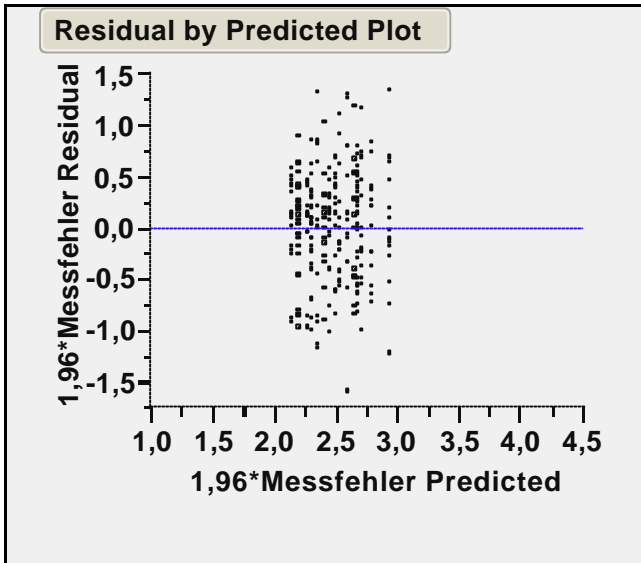
RSquare	0,145648
RSquare Adj	0,08358
Root Mean Square Error	0,556409
Mean of Response	2,498503
Observations (or Sum Wgts)	252

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	17	12,350178	0,726481	2,3466
Error	234	72,444257	0,309591	Prob > F
C. Total	251	84,794435		0,0025

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Variable	17	17	12,350178	2,3466	0,0025



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
D01	2,5130282	0,14870653	2,51303
D02	2,8155069	0,14870653	2,81551
D03	2,5423096	0,14870653	2,54231
D04	2,2870512	0,14870653	2,28705
D05	2,4571448	0,14870653	2,45714
D06	2,6889358	0,14870653	2,68894
D07	2,9462025	0,14870653	2,94620
D08	2,7177944	0,14870653	2,71779
D09	2,3130475	0,14870653	2,31305
D10	2,4295377	0,14870653	2,42954
D11	2,2078743	0,14870653	2,20787

ERGEBNISSE

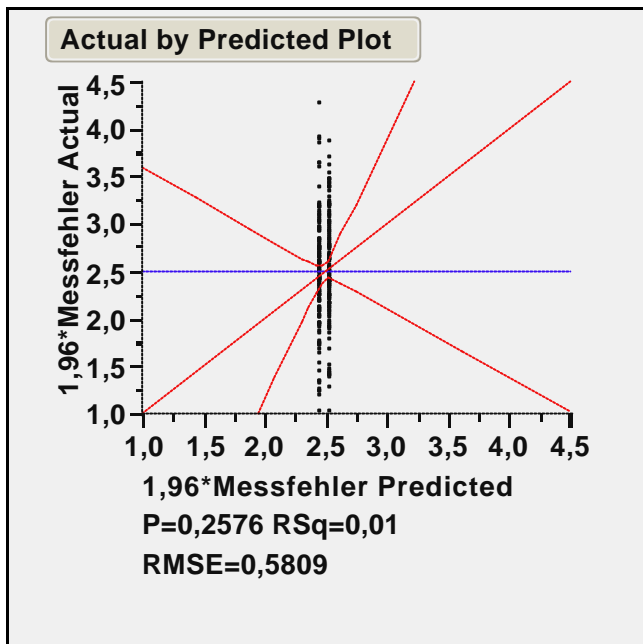
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
D12	2,6890381	0,14870653	2,68904
D13	2,6157272	0,14870653	2,61573
D14	2,3770161	0,14870653	2,37702
D15	2,2155300	0,14870653	2,21553
D16	2,6774376	0,14870653	2,67744
D17	2,1559743	0,14870653	2,15597
D18	2,3238974	0,14870653	2,32390

Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	2,498503	0,03505	71,28	<,0001
Variable[D01]	0,0145253	0,144517	0,10	0,9200
Variable[D02]	0,317004	0,144517	2,19	0,0293
Variable[D03]	0,0438066	0,144517	0,30	0,7621
Variable[D04]	-0,211452	0,144517	-1,46	0,1448
Variable[D05]	-0,041358	0,144517	-0,29	0,7750
Variable[D06]	0,1904328	0,144517	1,32	0,1889
Variable[D07]	0,4476995	0,144517	3,10	0,0022
Variable[D08]	0,2192914	0,144517	1,52	0,1305
Variable[D09]	-0,185455	0,144517	-1,28	0,2007
Variable[D10]	-0,068965	0,144517	-0,48	0,6337
Variable[D11]	-0,290629	0,144517	-2,01	0,0455
Variable[D12]	0,1905351	0,144517	1,32	0,1886
Variable[D13]	0,1172242	0,144517	0,81	0,4181
Variable[D14]	-0,121487	0,144517	-0,84	0,4014
Variable[D15]	-0,282973	0,144517	-1,96	0,0514
Variable[D16]	0,1789346	0,144517	1,24	0,2169
Variable[D17]	-0,342529	0,144517	-2,37	0,0186
Variable[D18]	-0,174606	0,144517	-1,21	0,2282

3.1.3.1.4 Einzelmodell: Einfluss von Position



Summary of Fit

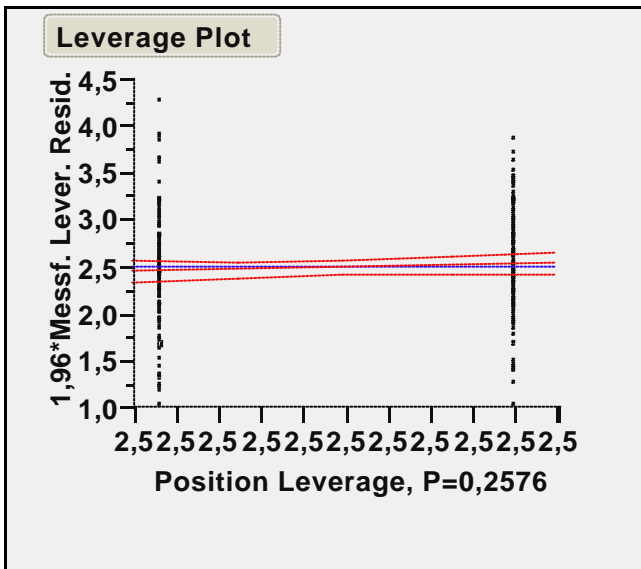
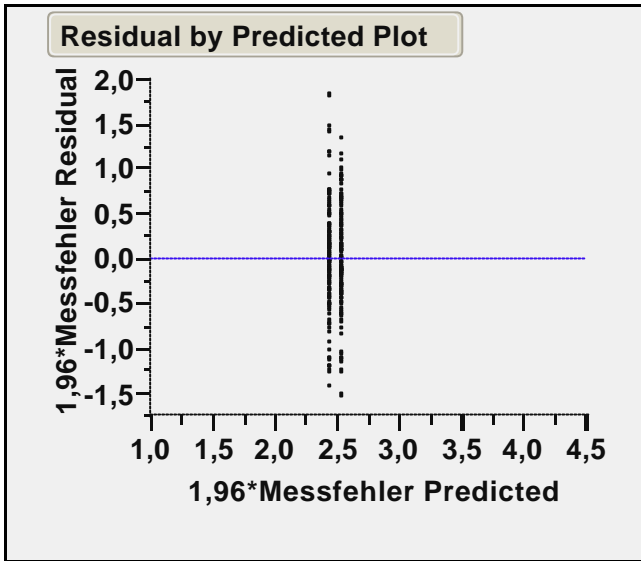
RSquare	0,005123
RSquare Adj	0,001143
Root Mean Square Error	0,580896
Mean of Response	2,498503
Observations (or Sum Wgts)	252

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,434364	0,434364	1,2872
Error	250	84,360072	0,337440	Prob > F
C. Total	251	84,794435		0,2576

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Position	1	1	0,43436383	1,2872	0,2576



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
aufrecht	2,4569859	0,05175034	2,45699
entspannt	2,5400200	0,05175034	2,54002

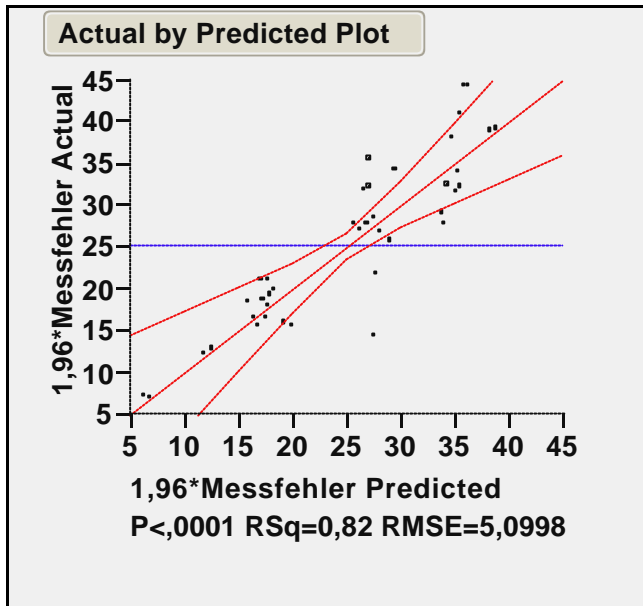
Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	2,498503	0,036593	68,28	<,0001
Position[aufrecht]	-0,041517	0,036593	-1,13	0,2576
Position[entspannt]	0,0415171	0,036593	1,13	0,2576

3.1.3.2 Winkel

3.1.3.2.1 Gesamtmodell: Einfluss von Sweep, Variable und Position



Summary of Fit

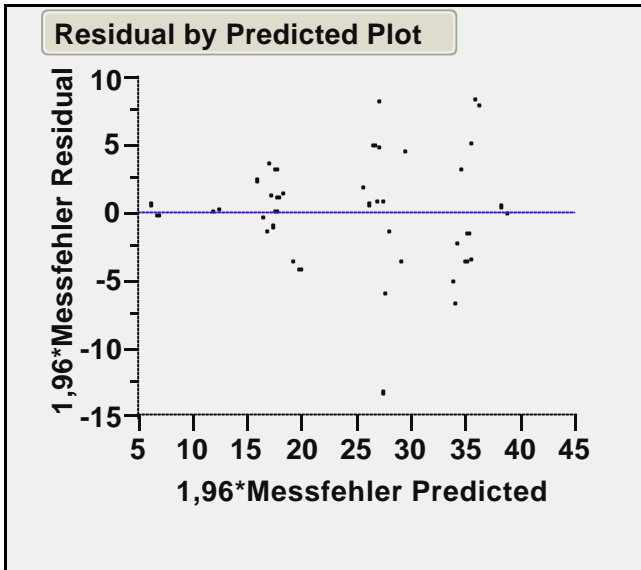
RSquare	0,81677
RSquare Adj	0,735334
Root Mean Square Error	5,099754
Mean of Response	25,34964
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

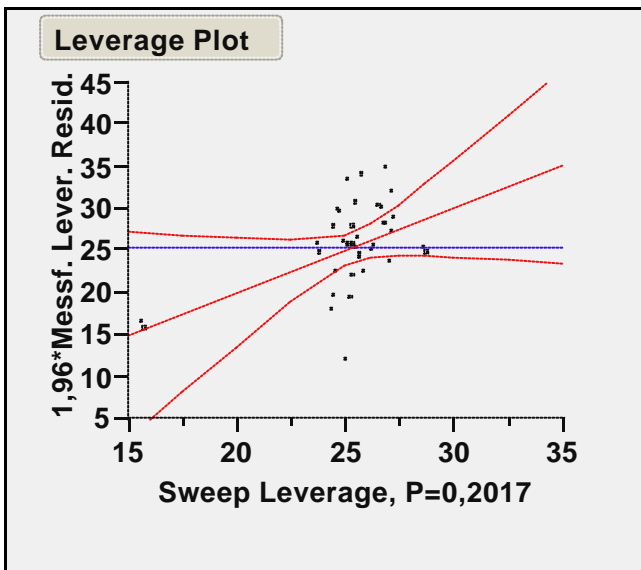
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	12	3130,1473	260,846	10,0296
Error	27	702,2022	26,007	Prob > F
C. Total	39	3832,3495		<,0001

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Sweep	6	6	241,0721	1,5449	0,2017
Variablen	5	5	2778,6134	21,3678	<,0001
Position	1	1	2,8775	0,1106	0,7420



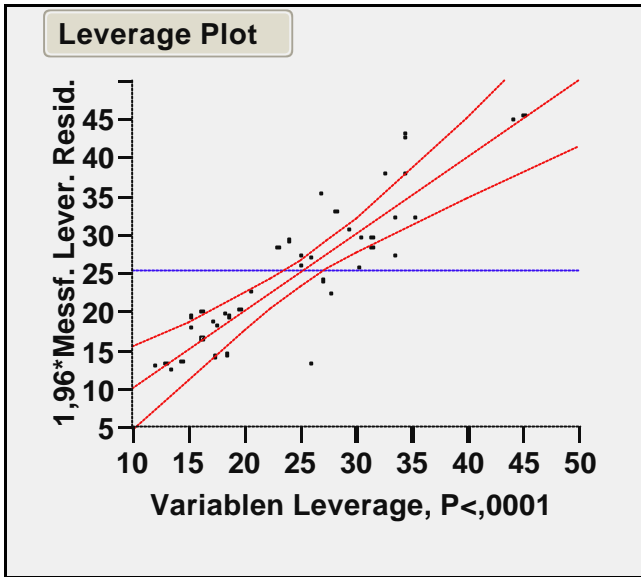
Sweep



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
Metafate	20,522630	2,7430741	19,3298
Metakate	31,969688	3,0545918	23,0877
Metalate	31,583236	2,8013878	25,3033
Metanate	31,388674	2,6510624	26,9338
Metasate	31,099889	2,3819892	28,5583
Metaschate	33,491895	2,7694939	26,9717
Metatate	30,156820	2,6510624	25,7020

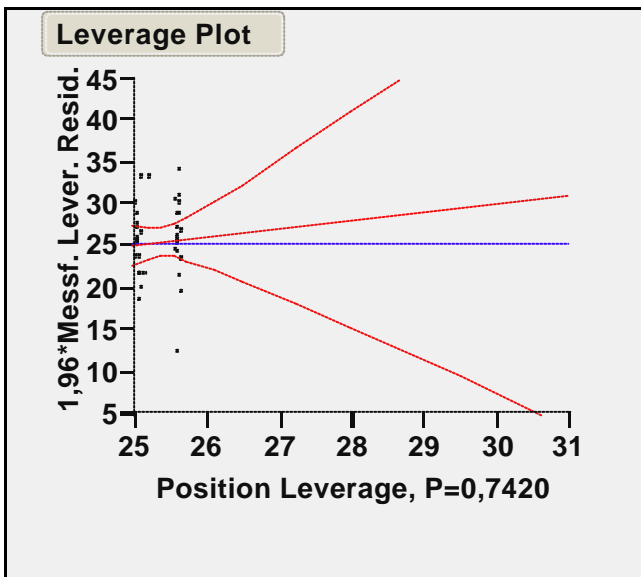
Variable



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
Alpha1	26,011335	1,5738182	27,5960
Alpha2	16,285526	1,3629665	16,2855
Alpha3	48,318775	4,9142457	38,8110
Alpha4	34,429752	2,1462183	35,3426
Alpha6	33,228676	3,2997588	35,0051
Alpha7	21,908363	4,9142457	12,4006

Position



ERGEBNISSE

Least Squares Means Table

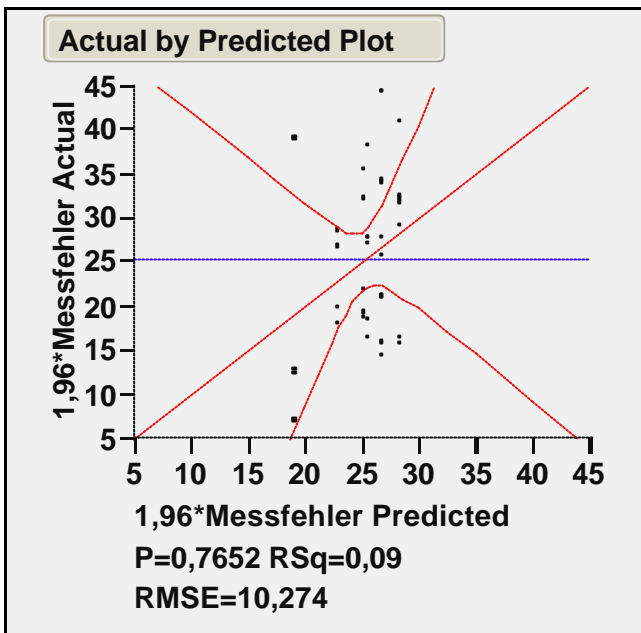
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
aufrecht	29,759213	1,5763827	25,6145
entspannt	30,301596	1,6574884	25,0569

Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	30,030405	1,396933	21,50	<,0001
Sweep[Metafate]	-9,507775	3,338573	-2,85	0,0083
Sweep[Metakate]	1,9392835	2,393291	0,81	0,4249
Sweep[Metalate]	1,5528314	2,15838	0,72	0,4780
Sweep[Metanate]	1,3582696	2,039205	0,67	0,5110
Sweep[Metasate]	1,0694843	1,921997	0,56	0,5825
Sweep[Metaschate]	3,46149	2,213535	1,56	0,1295
Sweep[Metatate]	0,1264157	2,039205	0,06	0,9510
Variable[Alpha1]	-4,01907	2,152843	-1,87	0,0728
Variable[Alpha2]	-13,74488	1,786022	-7,70	<,0001
Variable[Alpha3]	18,288371	4,02413	4,54	0,0001
Variable[Alpha4]	4,3993476	2,451569	1,79	0,0839
Variable[Alpha6]	3,1982711	3,193477	1,00	0,3255
Variable[Alpha7]	-8,122041	4,02413	-2,02	0,0536
Position[aufrecht]	-0,271191	0,815293	-0,33	0,7420
Position[entspannt]	0,2711912	0,815293	0,33	0,7420

3.1.3.2.2 Einzelmodell: Einfluss von Sweep



Summary of Fit

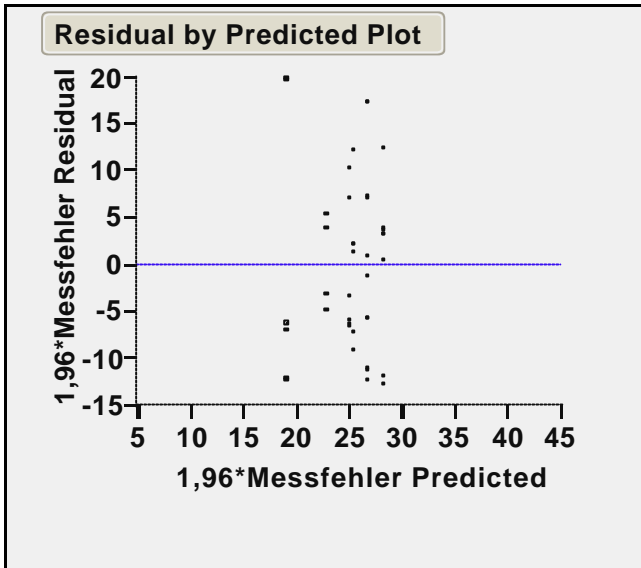
RSquare	0,091127
RSquare Adj	-0,07412
Root Mean Square Error	10,27371
Mean of Response	25,34964
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

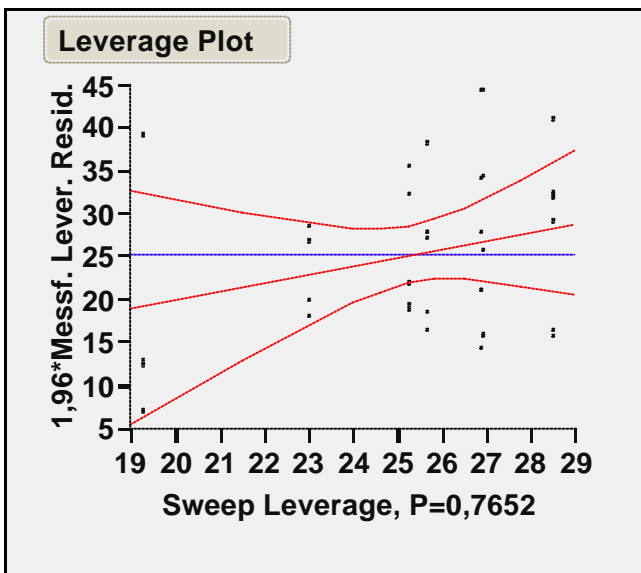
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	6	349,2307	58,205	0,5515
Error	33	3483,1187	105,549	Prob > F
C. Total	39	3832,3495		0,7652

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Sweep	6	6	349,23074	0,5515	0,7652



Sweep



Least Squares Means Table

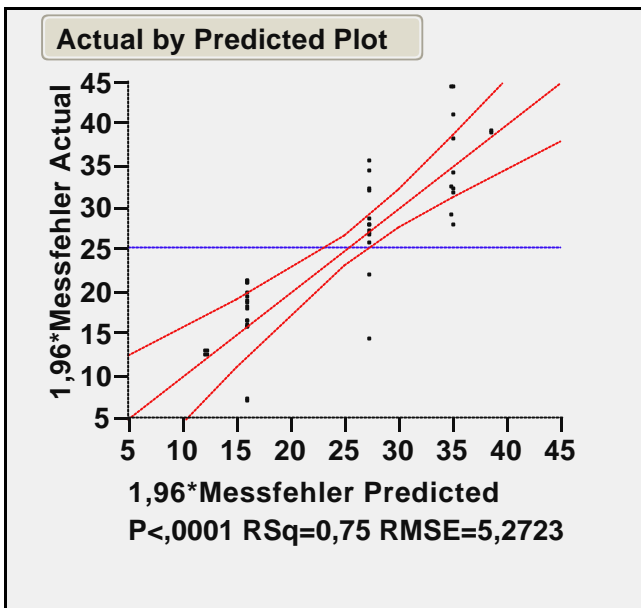
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
Metafate	19,329780	4,1942233	19,3298
Metakate	23,087714	5,1368534	23,0877
Metalate	25,303288	4,5945414	25,3033
Metanate	26,933807	4,1942233	26,9338
Metasate	28,558307	3,6323039	28,5583
Metaschate	26,971731	4,5945414	26,9717
Metatate	25,701953	4,1942233	25,7020

Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	25,126654	1,657235	15,16	<,0001
Sweep[Metafate]	-5,796874	3,913029	-1,48	0,1480
Sweep[Metakate]	-2,03894	4,646986	-0,44	0,6637
Sweep[Metalate]	0,1766336	4,22195	0,04	0,9669
Sweep[Metanate]	1,8071529	3,913029	0,46	0,6472
Sweep[Metasate]	3,4316521	3,488617	0,98	0,3324
Sweep[Metaschate]	1,8450769	4,22195	0,44	0,6649
Sweep[Metatate]	0,575299	3,913029	0,15	0,8840

3.1.3.2.3 Einzelmodell: Einfluss von Variable



Summary of Fit

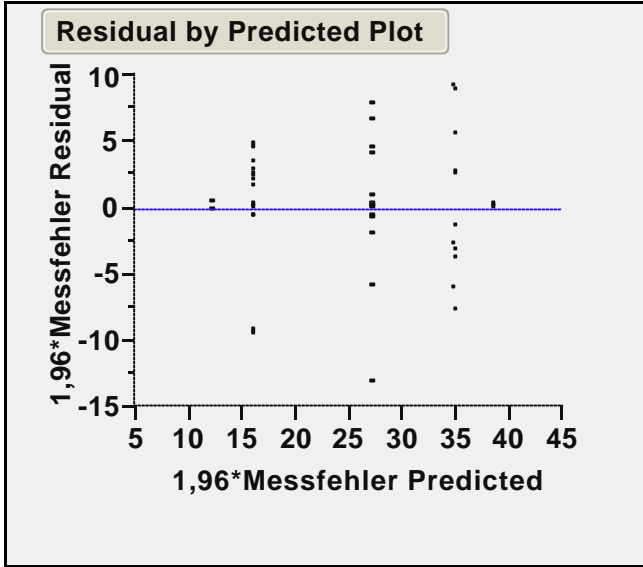
RSquare	0,753386
RSquare Adj	0,717119
Root Mean Square Error	5,272325
Mean of Response	25,34964
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

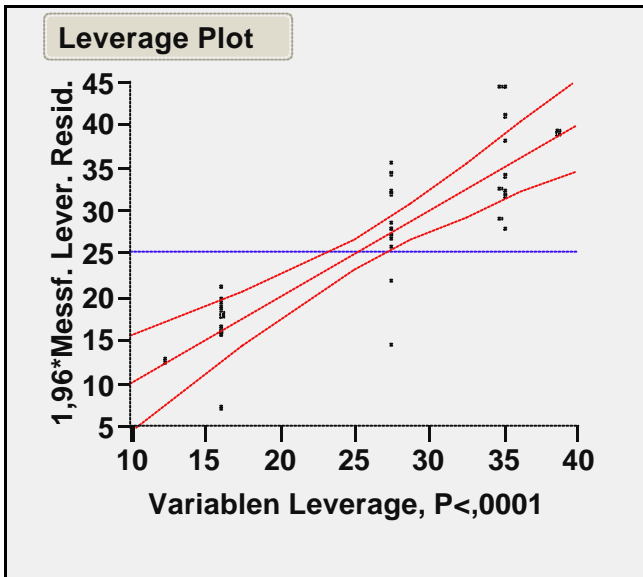
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	2887,2374	577,447	20,7734
Error	34	945,1120	27,797	Prob > F
C. Total	39	3832,3495		<,0001

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Variable	5	5	2887,2374	20,7734	<,0001



Variable



Least Squares Means Table

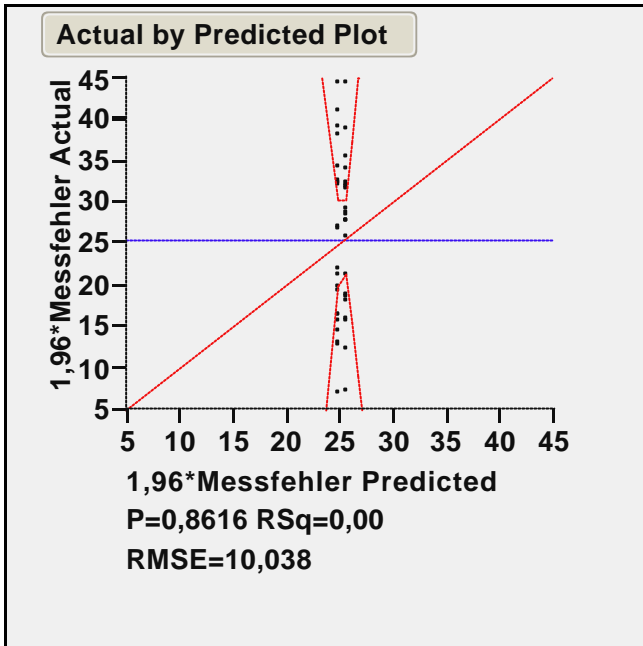
Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
Alpha1	27,595964	1,5219892	27,5960
Alpha2	16,285526	1,4090882	16,2855
Alpha3	38,811001	3,7280969	38,8110
Alpha4	35,342606	1,9927516	35,3426
Alpha6	35,005098	3,0439783	35,0051
Alpha7	12,400589	3,7280969	12,4006

Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	27,573464	1,122203	24,57	<,0001
Variable[Alpha1]	0,0224999	1,674408	0,01	0,9894
Variable[Alpha2]	-11,28794	1,60718	-7,02	<,0001
Variable[Alpha3]	11,237537	3,244248	3,46	0,0015
Variable[Alpha4]	7,7691423	1,976541	3,93	0,0004
Variable[Alpha6]	7,4316341	2,727003	2,73	0,0101
Variable[Alpha7]	-15,17288	3,244248	-4,68	<,0001

3.1.3.2.4 Einzelmodell: Einfluss von Position



Summary of Fit

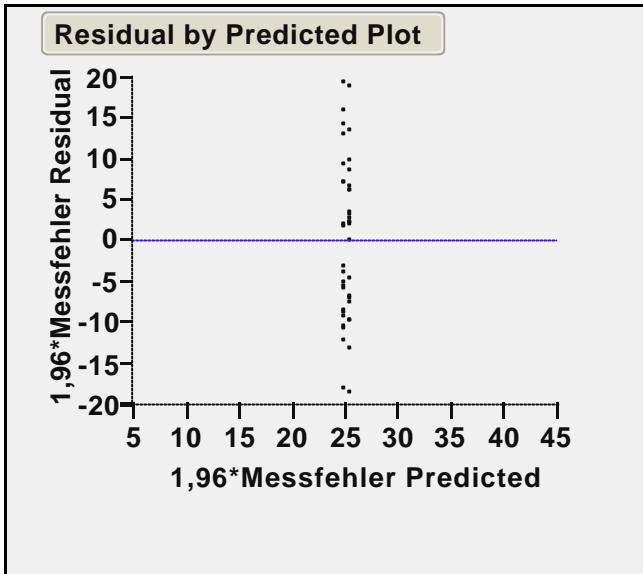
RSquare	0,00081
RSquare Adj	-0,02548
Root Mean Square Error	10,03841
Mean of Response	25,34964
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

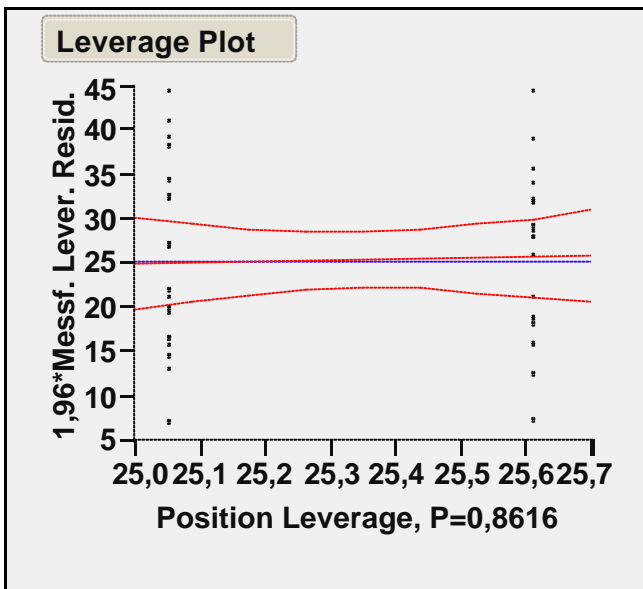
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	3,1024	3,102	0,0308
Error	38	3829,2471	100,770	Prob > F
C. Total	39	3832,3495		0,8616

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Position	1	1	3,1023523	0,0308	0,8616



Position



Least Squares Means Table

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
aufrecht	25,614542	2,1905605	25,6145
entspannt	25,056857	2,3029690	25,0569

Expanded Estimates

Nominal factors expanded to all levels

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	25,335699	1,5892	15,94	<,0001
Position[aufrecht]	0,2788426	1,5892	0,18	0,8616
Position[entspannt]	-0,278843	1,5892	-0,18	0,8616

3.1.4 Einfluss der Position auf den Messfehler (oneway-Analysen)

Zur Bewertung der 1,96-fachen Messfehler in Abhängigkeit der Positionen aufrecht und entspannt wird für jeden Sweep sowie für jede Variable eine oneway-Analyse durchgeführt.

Die bereits zu Beginn erwähnte Kategorisierung der Daten mit der Kennzeichnung der Sterne gilt hierbei ebenso. Es werden wiederum nur die Daten weitergeführt, die in der Kategorisierung mit einem, zwei oder drei Sternen gekennzeichnet wurden.

Für die Ermittlung der oneway-Analysen der Distanzen wurden alle Distanzen der mit Sternen kategorisierten Daten als Datenpaare verwendet. Für die Ermittlung der oneway-Analysen der Winkel wurden der Sweep metalate mit der Variablen Alpha4 in aufrechter Position und der Sweep metaschate mit der Variablen Alpha6 in aufrechter Position aus der Tabelle herausgelöscht, da aufgrund der hohen Messfehler kein entsprechendes Paar aus aufrechter und entspannter Messung gebildet werden konnte. Die anderen, mit Sternen kategorisierten Messfehler ergaben jeweils Datenpaare.

Die oneway-Analysen der Distanzen und der Winkel befinden sich als Gesamtanalyse im Anhang. Dargestellt werden die Unterschiede der aufrechten und entspannten Messfehler hier jeweils nur anhand einer Tabelle, die die p-Werte verdeutlicht.

Tabelle der p-Werte der Distanzen:

Variable	Prob- Wert
D01	0,8983
D02	0,4433
D03	0,5229
D04	0,0967
D05	0,7983
D06	0,3711
D07	1,0000
D08	0,7983
D09	0,7983
D10	0,6093
D11	0,5229
D12	0,1599

D13	0,8983
D14	0,4433
D15	0,6093
D16	0,3067
D17	0,3711
D18	1,0000

Tabelle 9: p-Werte der Distanzen

Tabelle der p-Werte der Winkel:

Variable	Prob.-Wert
Alpha1	0,3785
Alpha2	0,7983
Alpha3	1,0000
Alpha4	0,0809
Alpha6	1,0000
Alpha7	1,0000

Tabelle 10 : p-Werte der Winkel

Alle Distanzen und die Winkel weisen bezüglich der oneway-Analyse einen Messfehler mit einem p-Wert über 0,05 auf. Es besteht also zwischen den beiden Positionen aufrecht und entspannt kein statistisch signifikanter Unterschied.

3.1.5 Einfluss des Geschlechtes auf den Messfehler (oneway-Analyse)

Bezüglich der Messfehler der Distanzen zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied in den Messungen zwischen Männern und Frauen.

Die Übersichtstabelle zeigt die p-Werte der durchgeführten oneway-Analysen:

Variable	Prob.-Werte
D01	1,0000
D02	1,0000
D03	0,5229
D04	1,0000
D05	0,7983
D06	0,6093
D07	0,6093
D08	0,6093
D09	0,1599
D10	0,4433
D11	0,0967
D12	0,7015
D13	0,5229
D14	0,8983
D15	0,3067
D16	0,6093

ERGEBNISSE

D17	0,5229
D18	0,0736

Tabelle 11: p-Werte der Distanzen

Bei der Ermittlung des Unterschiedes zwischen Männern und Frauen werden alle bereits im Kapitel 3.1 wegen nicht akzeptabler Messfehler (Kategorie 4) ausgeschlossenen Winkel in der oneway-Analyse nicht aufgeführt.

Die Tabelle zeigt zur Übersicht die p-Werte:

Variable	Prob.-Werte
Alpha1	0,4712
Alpha2	0,5229
Alpha3	1,0000
Alpha4	0,0809
Alpha6	1,0000
Alpha7	1,0000

Tabelle 12: p-Werte der Winkel

3.2. Einfluss der Position auf die Bewegungsbahnen der Zunge (oneway-Analysen)

3.2.1 Distanzen

Um die tatsächlichen Werte der entspannten und aufrechten Messungen miteinander vergleichen zu können, werden oneway-Analysen durchgeführt, da es durchaus sein kann, dass Messfehler keinen Unterschied zwischen aufrechten und entspannten Messungen aufweisen, die gemessenen Werte jedoch einen Unterschied zeigen.

Die oneway-Analyse untersucht im Sinne einer klassischen Varianzanalyse kontinuierliche Zielgrößen, die unter verschiedenen Bedingungen, mit nominalen Einflussgrößen beschrieben, getestet werden.

Varianzanalysen werden verwendet, um Veränderungen dieser Zielgrößen in systematische, durch Einflussgrößen bedingte Veränderungen und in zufällige Fehler aufzuteilen. Weiterhin wird die Signifikanz der Einflussgröße getestet, und es werden Mittelwerte der Zielgrößen mit verschiedenen Kombinationen der Einflussgrößen verglichen.

Dazu werden von den Daten, wie oben bereits beschrieben, jeweils Paare aus den entsprechenden aufrechten und entspannten Messungen gebildet, die im Falle der Distanzen mit den genannten Sternen kategorisiert sind. Dabei wurden von den Distanzen alle Daten verwendet, da sich keine Werte in Kategorie 4 befanden. Es konnten also von allen Daten Paare gebildet werden.

In einer ersten Analyse zum Vergleich der Zungenbewegungsbahnen in aufrechter und entspannter Position wurden alle Sweeps im Datenpool belassen, das heißt, auch der Sweep metafate, der von der Spule der Unterlippe sowie der Sweep metakate, der von der Spule des Zungengrundes aufgezeichnet wurde. Alle anderen Sweeps zeichnet die Spule der Zungenspitze auf.

Die durchgeführten Vergleiche mit diesem gemischten Pool zeigen einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen aufrechter und entspannter Körperhaltung der Variablen D02, D03 und D04.

Da jedoch der Datenpool auch die Datenaufzeichnungen der Unterlippe und des Zungengrundes beinhaltet, wurden die Sweeps metafate und metakate aus dem Datensatz herausgenommen, um einen einheitlicheren Datenpool zu erreichen. Die Auswertungen der oneway-Analysen des gesamten Datenblocks werden nicht weiter erläutert.

Vergleicht man separat den Einfluss der Position auf den Sweep metafate (Spule 7) und metakate (Spule 3) ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen aufrechter und entspannter Position:

Variable	Prob.-Wert
D01	0,4715
D02	0,3472
D03	0,6171
D04	0,2713
D05	0,6965
D06	0,7114
D07	0,6745
D08	1,0000
D09	0,6455
D10	0,8887
D11	0,9681
D12	0,5755
D13	0,6745
D14	0,8415
D15	0,7642
D16	0,7718
D17	0,8729
D18	0,9840

Tabelle 13: p-Werte der Distanzen (Spule 3)

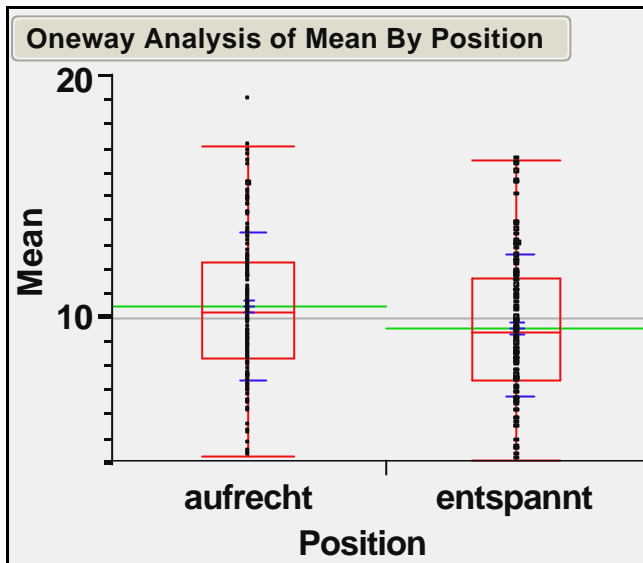
Variable	Prob.-Wert
D01	0,7872
D02	0,5552
D03	0,1770
D04	0,8808
D05	0,8808
D06	0,8650
D07	0,1471
D08	0,0836
D09	1,0000
D10	0,6241
D11	0,9442
D12	0,8181
D13	0,9442
D14	0,9761
D15	0,9442
D16	0,5552
D17	0,9601
D18	0,5029

Tabelle 14: p-Werte der Distanzen (Spule 7)

Die Vergleiche der Bewegungsbahnen der Zunge in Abhängigkeit der Position bezüglich der Auswertung lediglich der Zungenspitze zeigen einen statistisch signifikanten Unterschied der Distanzen D01, D02, D03 und D04.

Die Analysen der Distanzen D01, D02, D03 und D04 werden im Folgenden näher erläutert, alle anderen oneway-Analysen befinden sich vollständig im Anhang.

D: 01



Missing Rows 10

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	4,202	6,8832	8,332	10,212	12,27	14,868	18,983
entspannt	4,066	5,984	7,43	9,346	11,6385	13,6174	16,53

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	10,4492	3,04424	0,27449	9,9058	10,993
entspannt	117	9,5803	2,91031	0,26906	9,0474	10,113

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	16004,5	130,118	2,200
entspannt	117	12915,5	110,389	-2,200

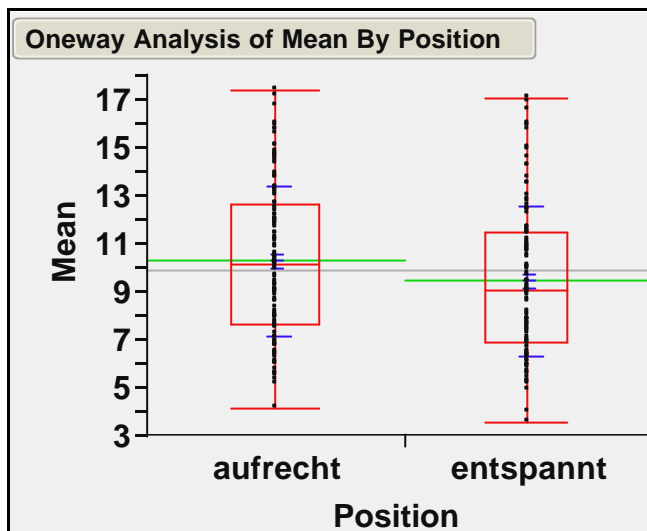
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
12915,5	-2,19957	0,0278

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
4,8422	1	0,0278

D: 02



Missing Rows10

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	4,155714	6,2608	7,608	10,117	12,614	14,6696	17,335
entspannt	3,581111	5,8368	6,8755	9,05	11,4245	14,2328	17,03

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	10,2676	3,14560	0,28363	9,7061	10,829
entspannt	117	9,4282	3,11302	0,28780	8,8581	9,998

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15968	129,821	2,132
entspannt	117	12952	110,701	-2,132

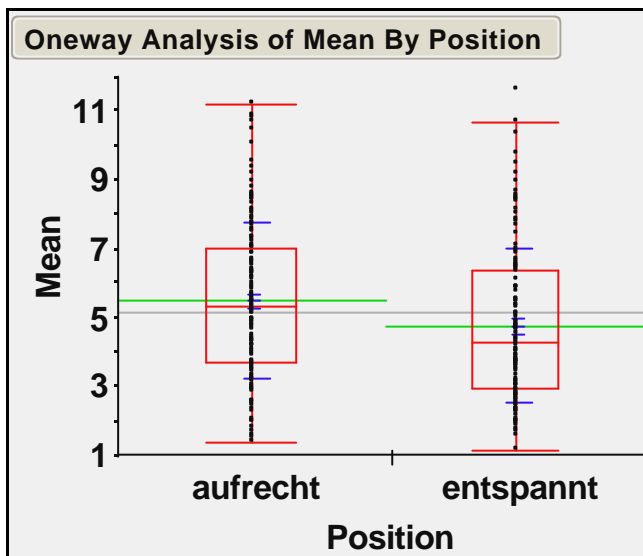
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
12952	-2,13168	0,0330

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
4,5480	1	0,0330

D: 03



Missing Rows10

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,30625	2,488333	3,669	5,33	7,034	8,4782	11,148
entspannt	1,114444	2,221	2,919111	4,297	6,323	8,193	11,594

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	5,46881	2,25484	0,20331	5,0663	5,8713
entspannt	117	4,73383	2,26067	0,20900	4,3199	5,1478

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	16288	132,423	2,727
entspannt	117	12632	107,966	-2,727

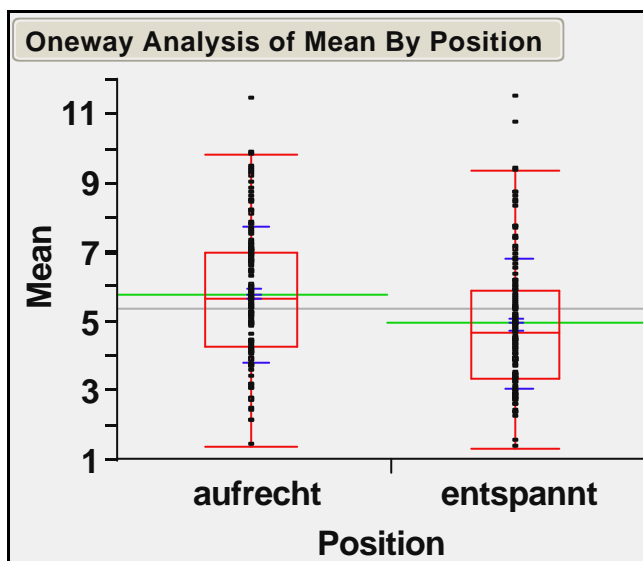
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
12632	-2,72691	0,0064

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
7,4411	1	0,0064

D: 04



Missing Rows10

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,409	3,209	4,293	5,681	7,042	8,5216	11,362
entspannt	1,361	2,751111	3,373056	4,701	5,8905	7,6772	11,393

ERGEBNISSE

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	5,82088	1,95449	0,17623	5,4720	6,1697
entspannt	117	4,91276	1,93578	0,17896	4,5583	5,2672

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	16893,5	137,346	3,853
entspannt	117	12026,5	102,791	-3,853

2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
12026,5	-3,85320	0,0001

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
14,8543	1	0,0001

Zusätzlich wurde eine oneway-Analyse über jeden Sweep durchgeführt, berechnet über alle Distanzen. Hierbei sind wieder alle Spulen, also auch Spule 3 des Zungengrundes und Spule 7 der Unterlippe, integriert. Die Ergebnisse sind anhand einer Tabelle, die wiederum die p-Werte beinhaltet, dargestellt.

Die vollständigen Analysen befinden sich im Anhang.

Tabelle der p-Werte der Sweeps:

Sweep	p-Werte
metafate	0,9599
metakate	0,8439
metalate	0,4724
metanate	0,5062
metasate	0,3692
metaschate	0,8424
metatate	0,3054

Tabelle 15: p-Werte der oneway-Analysen der Sweeps, berechnet über alle Variablen (Distanzen)

Keiner der p-Werte zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen aufrechter und entspannter Position.

3.2.2 Winkel

Dieselbe oneway- Analyse wurde zum Vergleich der aufrechten und entspannten Position ebenso mit den Winkeln durchgeführt. Die gesamte Analyse befindet sich im Anhang, dargestellt sind hier wiederum die p-Werte in Form einer Übersichtstabelle.

Alle Datenpaare sind wieder mit Sternen kategorisiert. Durch den recht hohen Messfehler dieser Daten war es nicht möglich, mit allen Daten Paare zu bilden. Daher wurden, wie bereits oben beschrieben, der Sweep metalate mit der Variablen Alpha4 in aufrechter Position und der Sweep metaschate mit der Variablen Alpha6 in aufrechter Position aus dem Datensatz herausgelöscht. Somit erhält der Datensatz der Winkel wie der der Distanzen nur Daten, die alle mit Sternchen kategorisiert sind.

Übersicht über die p-Werte ermittelt nach Winkel:

Variable	Prob.-Wert
Alpha1	0,8806
Alpha2	0,7586
Alpha3	0,2846
Alpha4	0,7115
Alpha6	0,992
Alpha7	0,9601

Tabelle 16: p-Werte der Winkel, berechnet über alle Sweeps

Keiner der Werte zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen aufrechten und entspannten Messungen.

Übersicht über die p-Werte ermittelt nach Sweep:

Sweep	Prob.-Wert
metafate	0,7817
metakate	0,9745
metalate	0,9065
metanate	0,6685
metasate	0,9468

ERGEBNISSE

metaschate	0,8589
metatate	0,6603

Tabelle 17: p-Werte der Sweeps, berechnet über alle Variablen (Winkel)

Wiederum zeigt keiner der Datenpaare einen p-Wert mit einem statistisch signifikanten Unterschied zwischen aufrechter und entspannter Sitzposition.

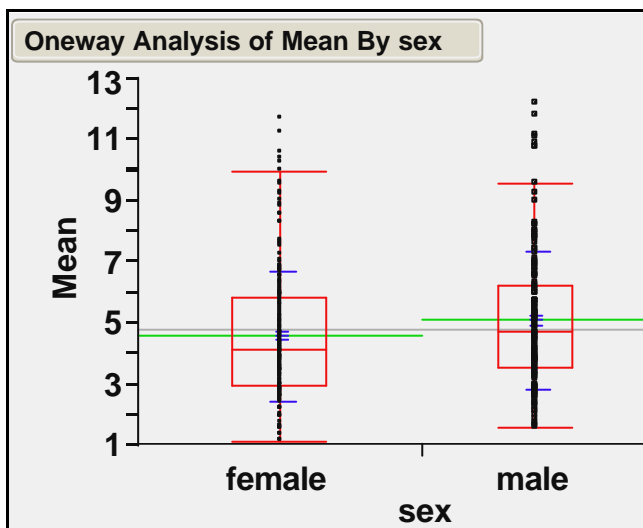
3.3 Einfluss des Geschlechtes auf die Bewegungsbahnen der Zunge

Um einen eventuellen Unterschied zwischen den Bewegungsbahnen der Zunge bei Frauen und deren bei Männern herauszufinden, wurden wiederum oneway-Analysen, die den Mittelwert dem weiblichen bzw. dem männlichen Geschlecht gegenüberstellt. Es wurden bezüglich der Distanzen sowie der Winkel dieselben Datenpaare verwendet, die für den Vergleich der Positionen aufrecht und entspannt bereits zur Berechnung herangezogen wurden.

3.3.1 Distanzen

Die Distanzen D06, D07 und D08 zeigen einen statistisch signifikanten Unterschied der Mittelwerte zwischen Männern und Frauen.

D: 06



Missing Rows: 12

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
female	1,085	2,3285	2,974	4,1115	5,80125	7,589	11,63
male	1,581	2,6254	3,4892	4,712	6,23475	7,930389	12,16222

ERGEBNISSE

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
female	188	4,56501	2,14845	0,15669	4,2559	4,8741
male	150	5,07788	2,22765	0,18189	4,7185	5,4373

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
female	188	29813,5	158,582	-2,299
male	150	27477,5	183,183	2,299

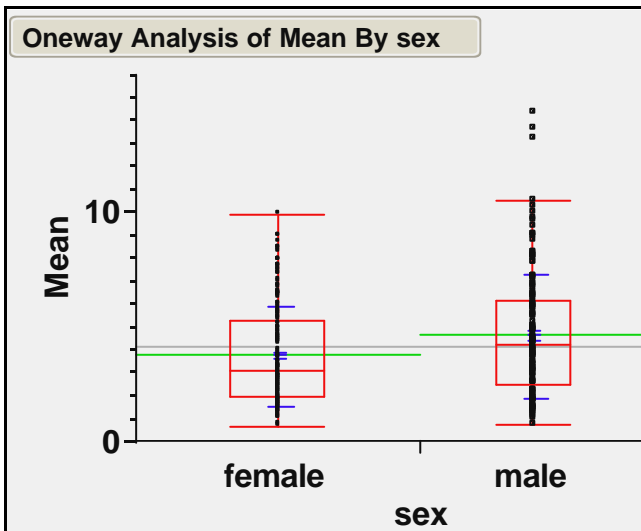
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
27477,5	2,29903	0,0215

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
5,2881	1	0,0215

D: 07



ERGEBNISSE

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
female	0,744	1,6479	2,1445	3,3855	5,756806	8,0074	10,829
male	0,809	1,7086	2,75975	4,594944	6,73025	8,9474	15,666

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
female	188	4,09802	2,35142	0,17149	3,7597	4,4363
male	150	5,06161	2,93576	0,23970	4,5880	5,5353

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
female	188	29188	155,255	-3,000
male	150	28103	187,353	3,000

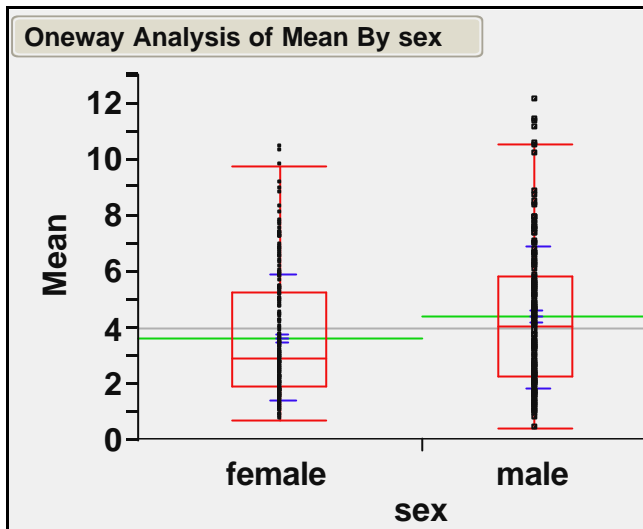
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
28103	2,99982	0,0027

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
9,0023	1	0,0027

D: 08



Missing Rows: 12

Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
female	0,676	1,4635	1,912	2,932	5,20475	7,2144	10,395
male	0,38	1,554	2,29025	4,038333	5,78575	7,7514	12,077

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
female	188	3,66008	2,21638	0,16165	3,3412	3,9790
male	150	4,34509	2,53531	0,20701	3,9360	4,7541

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
female	188	29643,5	157,678	-2,489
male	150	27647,5	184,317	2,489

2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
27647,5	2,48949	0,0128

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
6,2004	1	0,0128

Tabelle zur Übersicht aller p-Werte der beschriebenen Analyse:

Variable	Prob.-Wert
D01	0,9763
D02	0,1165
D03	0,7670
D04	0,4512
D05	0,3606
D06	0,0215
D07	0,0027
D08	0,0128
D09	0,0768
D10	0,8595
D11	0,1238
D12	0,7923
D13	0,7491
D14	0,4947
D15	0,4671
D16	0,5437
D17	0,1143
D18	0,2982

Tabelle 18: p-Werte der Distanzen

3.3.2 Winkel

Keiner der Winkel zeigt zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht einen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Mittelwertes der Bewegungsbahnen der Zunge beim Sprechen.

Tabelle zur Übersicht der p-Werte der Winkel:

Variable	Prob.-Werte
Alpha1	0,2140
Alpha2	0,4785
Alpha3	0,5398
Alpha4	0,0602
Alpha6	0,5785
Alpha7	0,0524

Tabelle 19: p-Werte der Winkel

3.4. Erstellung von Normwerten

Um Normwerte jetzt definieren zu können, muss der Messfehler mit den gemessenen Werten in Bezug gesetzt werden. Die unten aufgeführten Tabellen enthalten Normwerte vom niedrigsten, mit 3 Sternen kategorisierten bis zum höchsten, mit 1 Stern gekennzeichneten Messfehler.

Die dabei akzeptierten Messfehler liegen in einem Rahmen, der es erlaubt, dass die Messwerte nur gering verfälscht werden und daher gut vergleichbar sind.

3.4.1 Distanzen

Normwerttabelle für Distanzen:

Sweep	Variablen	Position	Messfehler	1,96*Messfehler	2,77*Messfehler	Messfehler*1,96 <=1,5(***)/<=3(**) <=4,5(*)	Mean(Std dev.)	Mean (Mean)
Metalate	D01	aufrecht	1,6234093	3,1818822	4,49684	*	1,5385	11,1382
Metanate	D01	aufrecht	1,5350056	3,008611	4,25197	*	1,4325	10,1954
Metalate	D02	aufrecht	1,8512193	3,6283899	5,12788	*	1,7386	11,8573
Metalate	D02	entspannt	1,797465	3,5230314	4,97898	*	1,6582	11,4048
Metanate	D02	aufrecht	1,6161591	3,1676719	4,47676	*	1,5297	10,4041
Metanate	D02	entspannt	1,6253536	3,185693	4,50223	*	1,5232	9,60592
Metasate	D02	entspannt	1,5384493	3,0153606	4,2615	*	1,3864	7,73154
Metatate	D02	entspannt	1,5600531	3,057704	4,32135	*	1,4856	8,74758
Metalate	D03	aufrecht	1,8504266	3,6268361	5,12568	*	1,728	7,3896
Metalate	D03	entspannt	1,7573455	3,4443972	4,86785	*	1,6433	6,79468
Metanate	D03	aufrecht	1,6077553	3,1512004	4,45348	*	1,4717	6,03392
Metaschate	D05	entspannt	1,5461008	3,0303575	4,2827	*	1,3852	2,38509
Metalate	D06	aufrecht	1,5867242	3,1099795	4,39523	*	1,4332	5,48304
Metalate	D06	entspannt	1,7271216	3,3851584	4,78413	*	1,5406	5,41477
Metanate	D06	aufrecht	1,541429	3,0212009	4,26976	*	1,4395	5,02932
Metanate	D06	entspannt	1,6431985	3,220669	4,55166	*	1,5447	5,03818
Metaschate	D06	entspannt	1,6269669	3,1888551	4,5067	*	1,4775	6,55278
Metalate	D07	aufrecht	2,1751414	4,2632772	6,02514	*	1,942	4,23803
Metalate	D07	entspannt	1,8446594	3,6155325	5,10971	*	1,6426	4,13609
Metanate	D07	aufrecht	1,8293907	3,5856058	5,06741	*	1,6093	3,12156
Metanate	D07	entspannt	1,7269367	3,384796	4,78361	*	1,6042	2,87071
Metaschate	D07	aufrecht	1,5484738	3,0350086	4,28927	*	1,3911	5,06609
Metaschate	D07	entspannt	1,589548	3,115514	4,40305	*	1,4071	4,91656
Metalate	D08	aufrecht	1,9756179	3,872211	5,47246	*	1,7254	4,07782
Metalate	D08	entspannt	1,7529394	3,4357612	4,85564	*	1,5681	3,96923
Metanate	D08	aufrecht	1,729886	3,3905765	4,79178	*	1,5667	2,77523
Metanate	D08	entspannt	1,5340511	3,0067402	4,24932	*	1,4018	2,70474
Metaschate	D08	aufrecht	1,6131922	3,1618567	4,46854	*	1,4508	4,05106
Metaschate	D09	entspannt	1,6126029	3,1607017	4,46691	*	1,3889	8,03735

ERGEBNISSE

Metanate	D10	entspannt	1,7566755	3,443084	4,86599	*	1,4565	-8,1905
Metalate	D12	aufrecht	1,562231	3,0619727	4,32738	*	1,4682	-17,006
Metalate	D12	entspannt	1,6717348	3,2766002	4,63071	*	1,5584	-16,881
Metanate	D12	entspannt	1,7638082	3,4570641	4,88575	*	1,6029	-16,053
Metatate	D12	entspannt	1,6214117	3,1779669	4,49131	*	1,5065	-15,237
Metalate	D13	aufrecht	1,9900943	3,9005849	5,51256	*	1,7335	10,5394
Metalate	D13	entspannt	1,7313433	3,3934329	4,79582	*	1,56	10,4785
Metanate	D13	aufrecht	1,9617199	3,8449709	5,43396	*	1,7324	9,50991
Metanate	D13	entspannt	1,7355754	3,4017277	4,80754	*	1,561	9,36911
Metatate	D13	aufrecht	1,5804354	3,0976534	4,37781	*	1,3586	9,35499
Metalate	D14	aufrecht	1,6312983	3,1973447	4,5187	*	1,3611	-5,9054
Metalate	D14	entspannt	1,637893	3,2102703	4,53696	*	1,3855	-6,0832
Metanate	D14	aufrecht	1,5373608	3,0132271	4,25849	*	1,3097	-6,9357
Metanate	D14	entspannt	1,8813611	3,6874678	5,21137	*	1,5652	-7,4149
Metaschate	D14	entspannt	1,6249714	3,1849439	4,50117	*	1,2123	-6,617
Metakate	D15	entspannt	1,5778266	3,0925402	4,37058	*	1,401	36,8597
Metalate	D16	aufrecht	1,6262805	3,1875098	4,5048	*	1,4702	-12,822
Metalate	D16	entspannt	1,6298163	3,19444	4,51459	*	1,4793	-12,487
Metanate	D16	entspannt	1,967554	3,8564059	5,45012	*	1,735	-12,137
Metaschate	D16	entspannt	1,7032137	3,3382989	4,7179	*	1,3809	-9,9052
Metafate	D01	aufrecht	0,846816	1,6597593	2,34568	**	0,7939	3,59356
Metafate	D01	entspannt	0,9617198	1,8849708	2,66396	**	0,89	3,37171
Metakate	D01	aufrecht	0,9637829	1,8890145	2,66968	**	0,8818	4,88224
Metakate	D01	entspannt	0,9557763	1,8733216	2,6475	**	0,8942	4,56596
Metalate	D01	entspannt	1,522122	2,983359	4,21628	**	1,4328	10,4338
Metanate	D01	entspannt	1,4784017	2,8976674	4,09517	**	1,3574	9,39325
Metasate	D01	aufrecht	1,3917314	2,7277934	3,8551	**	1,268	10,5083
Metasate	D01	entspannt	1,4217273	2,7865855	3,93818	**	1,3189	9,47058
Metaschate	D01	aufrecht	1,285497	2,5195742	3,56083	**	1,2151	10,4337
Metaschate	D01	entspannt	1,3459237	2,6380105	3,72821	**	1,2979	9,94804
Metatate	D01	aufrecht	1,1325773	2,2198514	3,13724	**	1,0606	9,94979
Metatate	D01	entspannt	1,4857115	2,9119945	4,11542	**	1,4147	8,74221
Metafate	D02	aufrecht	1,0999003	2,1558045	3,04672	**	1,0362	9,83528
Metafate	D02	entspannt	1,2378322	2,4261512	3,4288	**	1,1564	10,2288
Metakate	D02	aufrecht	1,0571425	2,0719993	2,92828	**	0,9792	8,66424
Metakate	D02	entspannt	1,136132	2,2268187	3,14709	**	1,0869	8,03815
Metasate	D02	aufrecht	1,3108294	2,5692256	3,631	**	1,1523	8,52125
Metaschate	D02	aufrecht	1,4420051	2,8263301	3,99435	**	1,349	10,6428
Metaschate	D02	entspannt	1,5300756	2,9989481	4,23831	**	1,4018	9,83253
Metatate	D02	aufrecht	1,3081474	2,5639689	3,62357	**	1,2432	9,91353
Metafate	D03	aufrecht	1,0310398	2,0208379	2,85598	**	0,9798	6,72676
Metafate	D03	entspannt	1,4176787	2,7786502	3,92697	**	1,2591	7,31521
Metakate	D03	aufrecht	1,0744468	2,1059158	2,97622	**	1,0172	5,86164
Metakate	D03	entspannt	1,2844718	2,5175648	3,55799	**	1,1703	5,51413
Metanate	D03	entspannt	1,3365317	2,6196022	3,70219	**	1,2641	5,23344
Metasate	D03	aufrecht	0,9929344	1,9461513	2,75043	**	0,9154	3,40191
Metasate	D03	entspannt	1,0212742	2,0016974	2,82893	**	0,9303	3,04455
Metaschate	D03	aufrecht	1,1771841	2,3072808	3,2608	**	1,0876	4,38677
Metaschate	D03	entspannt	1,1809424	2,3146471	3,27121	**	1,0991	3,72176
Metatate	D03	aufrecht	1,2136622	2,3787778	3,36184	**	1,1367	6,11439

ERGEBNISSE

Metatate	D03	entspannt	1,2136611	2,3787757	3,36184	**	1,138	5,00429
Metakate	D04	aufrecht	1,3963616	2,7368687	3,86792	**	1,2329	3,22464
Metakate	D04	entspannt	1,2655468	2,4804718	3,50556	**	1,0883	2,58602
Metalate	D04	aufrecht	1,3713346	2,6878159	3,7986	**	1,2573	6,46108
Metalate	D04	entspannt	1,1402763	2,2349415	3,15857	**	1,0893	5,61759
Metanate	D04	aufrecht	1,3833584	2,7113825	3,8319	**	1,2212	5,64496
Metanate	D04	entspannt	1,224209	2,3994497	3,39106	**	1,1499	4,86295
Metasate	D04	aufrecht	1,2310626	2,4128827	3,41004	**	1,1191	5,42234
Metasate	D04	entspannt	1,1339229	2,2224889	3,14097	**	0,9846	4,40381
Metaschate	D04	aufrecht	1,2229321	2,3969469	3,38752	**	1,0975	5,71141
Metaschate	D04	entspannt	1,1366375	2,2278094	3,14849	**	1,0556	5,10507
Metatate	D04	aufrecht	1,2244842	2,3999889	3,39182	**	1,1352	5,86188
Metatate	D04	entspannt	1,2202027	2,3915973	3,37996	**	1,1181	4,64113
Metafate	D05	entspannt	0,8555113	1,6768021	2,36977	**	0,7696	1,47288
Metakate	D05	aufrecht	1,2251511	2,4012961	3,39367	**	1,1053	2,46896
Metakate	D05	entspannt	1,0374895	2,0334795	2,87385	**	0,9857	2,38383
Metalate	D05	aufrecht	1,3164288	2,5802004	3,64651	**	1,1816	2,10852
Metalate	D05	entspannt	1,1994695	2,3509603	3,32253	**	1,1041	1,84364
Metanate	D05	aufrecht	1,2808143	2,5103959	3,54786	**	1,1765	2,07984
Metanate	D05	entspannt	1,4768887	2,8947018	4,09098	**	1,3162	2,10608
Metasate	D05	aufrecht	1,3929908	2,730262	3,85858	**	1,2361	2,15752
Metasate	D05	entspannt	1,400794	2,7455563	3,8802	**	1,2855	2,15821
Metaschate	D05	aufrecht	1,3432463	2,6327627	3,72079	**	1,2173	2,34883
Metatate	D05	aufrecht	1,4194016	2,7820271	3,93174	**	1,2466	2,19071
Metatate	D05	entspannt	1,3305068	2,6077933	3,6855	**	1,2221	2,0535
Metafate	D06	aufrecht	0,9446887	1,8515898	2,61679	**	0,8899	3,38852
Metafate	D06	entspannt	1,3634645	2,6723905	3,7768	**	1,2464	3,30692
Metakate	D06	aufrecht	1,0681727	2,0936185	2,95884	**	0,9894	3,83472
Metakate	D06	entspannt	1,0827482	2,1221864	2,99921	**	1,0338	3,97866
Metasate	D06	aufrecht	1,1110782	2,1777133	3,07769	**	1,0233	5,32261
Metasate	D06	entspannt	1,215029	2,3814568	3,36563	**	1,1544	4,9424
Metaschate	D06	aufrecht	1,5048701	2,9495453	4,16849	**	1,3998	6,59226
Metatate	D06	aufrecht	1,4382677	2,8190048	3,984	**	1,3219	4,21238
Metatate	D06	entspannt	1,3529249	2,6517329	3,7476	**	1,2898	4,16296
Metafate	D07	aufrecht	0,8745911	1,7141985	2,42262	**	0,8451	6,47456
Metafate	D07	entspannt	1,1169703	2,1892618	3,09401	**	1,0422	7,10879
Metakate	D07	aufrecht	1,2307662	2,4123017	3,40922	**	1,118	7,15176
Metakate	D07	entspannt	1,3589641	2,6635697	3,76433	**	1,286	6,84922
Metasate	D07	aufrecht	1,4239168	2,7908769	3,94425	**	1,2391	3,2807
Metasate	D07	entspannt	1,4350873	2,8127712	3,97519	**	1,3132	3,26124
Metatate	D07	aufrecht	1,4824431	2,9055885	4,10637	**	1,3355	2,5375
Metatate	D07	entspannt	1,4074146	2,7585326	3,89854	**	1,3161	2,26179
Metafate	D08	aufrecht	0,8768537	1,7186333	2,42888	**	0,8355	5,8232
Metafate	D08	entspannt	1,1868721	2,3262693	3,28764	**	1,0617	6,50571
Metakate	D08	aufrecht	1,1355726	2,2257223	3,14554	**	1,0203	5,89676
Metakate	D08	entspannt	1,3335018	2,6136635	3,6938	**	1,2119	5,90506
Metasate	D08	aufrecht	1,2596826	2,4689779	3,48932	**	1,1224	3,10225
Metasate	D08	entspannt	1,2643715	2,4781681	3,50231	**	1,1272	2,81061
Metaschate	D08	entspannt	1,2816894	2,5121113	3,55028	**	1,1785	4,049
Metatate	D08	aufrecht	1,3725067	2,6901131	3,80184	**	1,2303	1,93869

ERGEBNISSE

Metatate	D08	entspannt	1,0960803	2,1483174	3,03614	**	1,0058	1,81442
Metakate	D09	aufrecht	1,1189587	2,1931591	3,09952	**	0,9632	34,4172
Metakate	D09	entspannt	1,1205313	2,1962413	3,10387	**	1,0106	34,668
Metalate	D09	aufrecht	1,1910363	2,3344311	3,29917	**	1,1122	8,0026
Metalate	D09	entspannt	1,2205641	2,3923056	3,38096	**	1,1333	7,75077
Metanate	D09	aufrecht	1,3588794	2,6634037	3,7641	**	1,1706	7,85572
Metanate	D09	entspannt	1,3347259	2,6160628	3,69719	**	1,205	7,92625
Metasate	D09	aufrecht	1,3505916	2,6471596	3,74114	**	1,2101	7,94604
Metasate	D09	entspannt	1,0655986	2,0885732	2,95171	**	0,9807	7,72675
Metaschate	D09	aufrecht	1,2267395	2,4044095	3,39807	**	1,1236	7,50454
Metatate	D09	aufrecht	1,3251792	2,5973512	3,67075	**	1,2102	8,15879
Metatate	D09	entspannt	1,2067227	2,3651765	3,34262	**	1,1033	8,08771
Metafate	D10	entspannt	0,9287265	1,8203039	2,57257	**	0,8779	-24,599
Metakate	D10	aufrecht	1,0552306	2,068252	2,92299	**	0,9838	-0,0772
Metakate	D10	entspannt	1,0955065	2,1471928	3,03455	**	1,0541	0,24992
Metalate	D10	aufrecht	1,2245619	2,4001414	3,39204	**	1,0923	-7,5974
Metalate	D10	entspannt	1,1730047	2,2990892	3,24922	**	1,0501	-7,8774
Metanate	D10	aufrecht	1,157881	2,2694468	3,20733	**	0,9955	-7,772
Metasate	D10	aufrecht	1,4957384	2,9316473	4,1432	**	1,2052	-7,7573
Metasate	D10	entspannt	1,2855868	2,5197501	3,56108	**	1,1275	-8,4528
Metaschate	D10	aufrecht	1,3087526	2,5651551	3,62524	**	1,1397	-8,3188
Metaschate	D10	entspannt	1,3998751	2,7437553	3,87765	**	1,1963	-7,6464
Metatate	D10	aufrecht	1,3206307	2,5884363	3,65815	**	1,1558	-7,1118
Metatate	D10	entspannt	1,3873736	2,7192523	3,84302	**	1,2483	-7,9095
Metakate	D11	aufrecht	1,1632031	2,279878	3,22207	**	1,0051	37,6341
Metakate	D11	entspannt	1,3347647	2,6161389	3,6973	**	1,174	37,5719
Metalate	D11	aufrecht	1,3161548	2,5796634	3,64575	**	1,1576	13,3596
Metalate	D11	entspannt	1,2178725	2,3870302	3,37351	**	1,1086	12,452
Metanate	D11	aufrecht	1,3215291	2,590197	3,66064	**	1,2252	12,6617
Metanate	D11	entspannt	1,2250162	2,4010317	3,39329	**	1,1111	12,5383
Metasate	D11	aufrecht	1,1790071	2,3108539	3,26585	**	1,0989	12,4815
Metasate	D11	entspannt	1,0890489	2,1345358	3,01667	**	0,9807	11,771
Metaschate	D11	aufrecht	1,0271093	2,0131343	2,84509	**	0,9411	12,7408
Metaschate	D11	entspannt	1,2165977	2,3845314	3,36998	**	1,0733	12,846
Metatate	D11	aufrecht	1,1421082	2,2385321	3,16364	**	1,0402	12,9882
Metatate	D11	entspannt	1,2008563	2,3536783	3,32637	**	1,1278	12,3585
Metafate	D12	aufrecht	0,9888651	1,9381756	2,73916	**	0,9178	-27,465
Metafate	D12	entspannt	1,0675324	2,0923635	2,95706	**	0,9961	-27,671
Metakate	D12	aufrecht	1,0252896	2,0095677	2,84005	**	0,9337	-3,5219
Metakate	D12	entspannt	1,043523	2,0453051	2,89056	**	1,0047	-2,9848
Metanate	D12	aufrecht	1,4869355	2,9143935	4,11881	**	1,3668	-16,437
Metasate	D12	aufrecht	1,248483	2,4470267	3,4583	**	1,1707	-16,967
Metasate	D12	entspannt	1,5114371	2,9624167	4,18668	**	1,4086	-16,699
Metaschate	D12	aufrecht	1,3877839	2,7200565	3,84416	**	1,335	-17,027
Metaschate	D12	entspannt	1,4659101	2,8731837	4,06057	**	1,4065	-15,986
Metatate	D12	aufrecht	1,3624697	2,6704406	3,77404	**	1,2879	-15,516
Metakate	D13	aufrecht	1,1483957	2,2508555	3,18106	**	1,0422	38,3929
Metakate	D13	entspannt	1,4014426	2,7468274	3,882	**	1,3085	38,3717
Metasate	D13	aufrecht	1,0293646	2,0175546	2,85134	**	0,9369	8,08109
Metasate	D13	entspannt	1,2935108	2,5352812	3,58302	**	1,0773	7,67324

ERGEBNISSE

Metaschate	D13	aufrecht	1,150576	2,255129	3,1871	**	1,0102	11,5582
Metaschate	D13	entspannt	1,2665913	2,482519	3,50846	**	1,1232	11,8315
Metatate	D13	entspannt	1,3623958	2,6702958	3,77384	**	1,2214	8,93096
Metasate	D14	aufrecht	0,9804639	1,9217093	2,71589	**	0,909	-10
Metasate	D14	entspannt	1,2016718	2,3552767	3,32863	**	1,0839	-10,293
Metaschate	D14	aufrecht	1,3089038	2,5654515	3,62566	**	1,0485	-6,9072
Metatate	D14	aufrecht	1,2098615	2,3713286	3,35132	**	1,0654	-6,6922
Metatate	D14	entspannt	1,242346	2,4349983	3,4413	**	1,1334	-7,6067
Metakate	D15	aufrecht	1,4433234	2,828914	3,99801	**	1,288	37,4161
Metalate	D15	aufrecht	1,2601782	2,4699493	3,49069	**	1,1121	10,6362
Metalate	D15	entspannt	1,0890534	2,1345446	3,01668	**	0,9995	9,97009
Metanate	D15	aufrecht	1,4012464	2,746443	3,88145	**	1,2254	10,2882
Metanate	D15	entspannt	1,4495044	2,8410287	4,01513	**	1,302	10,0666
Metasate	D15	aufrecht	0,8855754	1,7357278	2,45304	**	0,8458	9,90182
Metasate	D15	entspannt	0,8955878	1,7553521	2,48078	**	0,7972	9,32446
Metaschate	D15	aufrecht	1,062985	2,0834506	2,94447	**	0,9493	12,2835
Metaschate	D15	entspannt	1,2525934	2,4550831	3,46968	**	1,1224	12,0904
Metatate	D15	aufrecht	0,9886086	1,9376729	2,73845	**	0,9276	11,1564
Metatate	D15	entspannt	1,1429515	2,240185	3,16598	**	1,0623	10,5731
Metafate	D16	aufrecht	0,9741714	1,9093759	2,69845	**	0,9044	-24,35
Metafate	D16	entspannt	1,1224217	2,1999465	3,10911	**	1,0451	-24,801
Metakate	D16	aufrecht	0,9281763	1,8192256	2,57105	**	0,8597	-0,6028
Metakate	D16	entspannt	1,1564258	2,2665946	3,2033	**	1,0322	-0,2093
Metanate	D16	aufrecht	1,5094008	2,9584256	4,18104	**	1,3491	-12,475
Metasate	D16	aufrecht	1,1072002	2,1701124	3,06694	**	1,0253	-12,676
Metasate	D16	entspannt	1,1244311	2,2038849	3,11467	**	1,0428	-12,638
Metaschate	D16	aufrecht	1,4908107	2,9219889	4,12955	**	1,2721	-10,883
Metatate	D16	aufrecht	1,4246562	2,7923261	3,9463	**	1,2598	-12,08
Metatate	D16	entspannt	1,3599955	2,6655912	3,76719	**	1,2585	-11,904
Metakate	D17	aufrecht	1,1657927	2,2849537	3,22925	**	0,999	34,966
Metakate	D17	entspannt	1,1496738	2,2533607	3,1846	**	1,038	34,9473
Metalate	D17	aufrecht	1,0987191	2,1534895	3,04345	**	1,0251	7,89112
Metalate	D17	entspannt	0,9597484	1,8811068	2,6585	**	0,8908	7,83282
Metanate	D17	aufrecht	1,3451646	2,6365226	3,72611	**	1,2336	7,82932
Metanate	D17	entspannt	1,3246221	2,5962593	3,6692	**	1,2224	7,92075
Metasate	D17	aufrecht	1,2707635	2,4906965	3,52001	**	1,1276	8,09212
Metasate	D17	entspannt	1,003656	1,9671659	2,78013	**	0,8897	8,08283
Metaschate	D17	aufrecht	1,3876787	2,7198503	3,84387	**	1,2172	8,27313
Metaschate	D17	entspannt	1,3002702	2,5485297	3,60175	**	1,169	8,6433
Metatate	D17	aufrecht	1,1420216	2,2383624	3,1634	**	0,9994	8,48879
Metatate	D17	entspannt	0,9874018	1,9353075	2,7351	**	0,9002	8,3445
Metafate	D18	aufrecht	0,8233025	1,6136729	2,28055	**	0,7597	-23,469
Metafate	D18	entspannt	0,9726209	1,906337	2,69416	**	0,8987	-23,998
Metakate	D18	aufrecht	0,9889177	1,9382787	2,7393	**	0,897	1,04484
Metakate	D18	entspannt	1,0914607	2,139263	3,02335	**	0,9562	1,02517
Metalate	D18	aufrecht	1,1923255	2,336958	3,30274	**	1,0425	-7,5876
Metalate	D18	entspannt	1,1943152	2,3408578	3,30825	**	1,0354	-8,097
Metanate	D18	aufrecht	1,2298403	2,4104869	3,40666	**	1,0391	-7,8268
Metanate	D18	entspannt	1,4409411	2,8242445	3,99141	**	1,244	-8,2128
Metasate	D18	aufrecht	1,2666174	2,4825701	3,50853	**	1,0967	-7,969

ERGEBNISSE

Metasate	D18	entspannt	1,2235795	2,3982159	3,38932	**	1,0991	-8,837
Metaschate	D18	aufrecht	1,3257937	2,5985557	3,67245	**	1,138	-7,7638
Metaschate	D18	entspannt	1,500354	2,9406939	4,15598	**	1,2044	-7,3083
Metatate	D18	aufrecht	1,2876635	2,5238205	3,56683	**	1,042	-7,1585
Metatate	D18	entspannt	1,0615353	2,0806091	2,94045	**	0,9448	-8,1917
Metafate	D04	aufrecht	0,6678762	1,3090374	1,85002	***	0,6173	1,2966
Metafate	D04	entspannt	0,717875	1,407035	1,98851	***	0,6378	1,24954
Metafate	D05	aufrecht	0,7262408	1,423432	2,01169	***	0,6875	1,51668
Metafate	D09	aufrecht	0,6721954	1,317503	1,86198	***	0,6257	-10,377
Metafate	D09	entspannt	0,7174422	1,4061868	1,98732	***	0,67	-10,473
Metafate	D10	aufrecht	0,7642969	1,498022	2,1171	***	0,7242	-24,145
Metafate	D11	aufrecht	0,6281012	1,2310783	1,73984	***	0,592	-9,3323
Metafate	D11	entspannt	0,7091617	1,389957	1,96438	***	0,6649	-9,5603
Metafate	D13	aufrecht	0,5184505	1,0161629	1,43611	***	0,476	-10,791
Metafate	D13	entspannt	0,5138704	1,0071861	1,42342	***	0,4597	-10,996
Metafate	D14	aufrecht	0,6022279	1,1803666	1,66817	***	0,5584	-17,85
Metafate	D14	entspannt	0,7366662	1,4438658	2,04057	***	0,6519	-17,694
Metakate	D14	aufrecht	0,6237773	1,2226036	1,72786	***	0,5403	4,50764
Metakate	D14	entspannt	0,7598835	1,4893717	2,10488	***	0,6857	4,44631
Metafate	D15	aufrecht	0,6809161	1,3345956	1,88614	***	0,6244	-9,579
Metafate	D15	entspannt	0,6948639	1,3619333	1,92477	***	0,6403	-9,8243
Metafate	D17	aufrecht	0,6214725	1,2180861	1,72148	***	0,5801	-10,25
Metafate	D17	entspannt	0,6428312	1,2599491	1,78064	***	0,6005	-10,434

Tabelle 20: Normwerttabelle der Distanzen

3.4.2 Winkel

Normwerttabelle für Winkel:

Sweep	Variablen	Position	Messfehler	1,96*Messfehler	2,77*Messfehler	Messfehler*1,96 =<=15(***)/<=30(**) >=<=45(*)	Mean (Mean)	Mean (Std dev.)
Metakate	Alpha1	aufrecht	17,98044988	35,2416818	49,80584616	*	296,4456	12,04245048
Metasate	Alpha1	aufrecht	16,12354441	31,602147	44,66221802	*	294,41636	10,44147412
Metasate	Alpha1	entspannt	16,30268837	31,9532692	45,15844679	*	293,73	10,9849593
Metaschate	Alpha1	entspannt	17,38440025	34,0734245	48,15478869	*	298,42	12,22962636
Metafate	Alpha3	aufrecht	19,75927731	38,7281835	54,73319816	*	271,2584	12,27303021
Metafate	Alpha3	entspannt	19,84378471	38,893818	54,96728365	*	266,33792	12,12218582
Metakate	Alpha4	aufrecht	16,35015705	32,0463078	45,28993503	*	119,8888	13,26362327
Metanate	Alpha4	aufrecht	17,25021932	33,8104299	47,78310752	*	119,8292	13,84400318
Metanate	Alpha4	entspannt	22,51856086	44,1363793	62,37641359	*	121,47097	18,22103537
Metasate	Alpha4	aufrecht	16,03200847	31,4227366	44,40866346	*	110,91383	14,28506164
Metasate	Alpha4	entspannt	20,77668195	40,7222966	57,551409	*	112,6903	16,93119653
Metatate	Alpha4	entspannt	19,27972777	37,7882664	53,40484592	*	122,30708	13,55046362
Metasate	Alpha6	entspannt	16,38582184	32,1162108	45,38872649	*	121,58082	13,50262551
Metaschate	Alpha6	aufrecht	22,50656258	44,1128626	62,34317833	*	97,593183	14,48925274
Metakate	Alpha1	aufrecht	14,40878112	28,241211	39,9123237	**	307,7532	10,73663166
Metakate	Alpha1	entspannt	13,58797399	26,632429	37,63868794	**	306,2025	10,55589482

ERGEBNISSE

Metatate	Alpha1	entspannt	11,02126457	21,6016786	30,52890286	**	298,11818	7,851012942
Metanate	Alpha1	aufrecht	14,12469217	27,6843967	39,12539731	**	296,7684	9,245596313
Metaschate	Alpha1	aufrecht	12,99295589	25,4661935	35,99048782	**	299,90958	8,774983161
Metatate	Alpha1	aufrecht	14,06212851	27,5617719	38,95209598	**	298,42458	9,79474194
Metatate	Alpha1	entspannt	13,71236297	26,8762314	37,98324542	**	299,16917	9,956443456
Metakate	Alpha2	aufrecht	9,094420023	17,8250632	25,19154346	**	84,6564	7,698451986
Metakate	Alpha2	entspannt	10,0266087	19,652153	27,77370609	**	84,49912	9,213041994
Metatate	Alpha2	aufrecht	9,502151452	18,6242168	26,32095952	**	103,93036	8,129275736
Metatate	Alpha2	entspannt	9,695181298	19,0025553	26,8556522	**	100,95864	8,725561798
Metanate	Alpha2	aufrecht	10,61190757	20,7993388	29,39498396	**	106,83582	8,861070191
Metanate	Alpha2	entspannt	10,69141173	20,955167	29,61521048	**	109,80778	9,409165741
Metasate	Alpha2	aufrecht	7,915691689	15,5147557	21,92646598	**	121,22893	6,855856327
Metasate	Alpha2	entspannt	8,341232338	16,3488154	23,10521358	**	122,65608	7,346352032
Metaschate	Alpha2	aufrecht	7,97528561	15,6315598	22,09154114	**	97,558102	6,880623973
Metaschate	Alpha2	entspannt	7,946232966	15,5746166	22,01106532	**	96,709662	6,975879838
Metatate	Alpha2	aufrecht	9,367522521	18,3603441	25,94803738	**	110,87625	8,148529618
Metatate	Alpha2	entspannt	8,241468934	16,1532791	22,82886895	**	113,53875	7,291390667
Metatate	Alpha4	aufrecht	14,01623876	27,471828	38,82498137	**	117,77208	11,5907305
Metasate	Alpha6	aufrecht	14,68684747	28,786221	40,68256749	**	121,28472	11,86437217
Metanate	Alpha1	entspannt	7,253639253	14,2171329	20,09258073	***	300,44125	6,784764161
Metafate	Alpha2	aufrecht	3,50041077	6,86080511	9,696137832	***	98,002	3,214629658
Metafate	Alpha2	entspannt	3,415662454	6,69469841	9,461384998	***	97,198333	3,164521607
Metafate	Alpha7	aufrecht	6,180266805	12,1133229	17,11933905	***	93,016	5,716898497
Metafate	Alpha7	entspannt	6,473394982	12,6878542	17,9313041	***	93,539167	5,521703344

Tabelle 21: Normwerttabelle der Winkel

4. DISKUSSION

4.1 Beurteilung der Methode

Die elektromagnetische Artikulographie (EMA) ist generell ein geeignetes Verfahren, um Bewegungsbahnen der Zunge aufzuzeichnen und zu analysieren. Seit 1993 wurde an einer Verbesserung des Gerätes gearbeitet, die den klinischen Einsatz und die Datenauswertung vereinfachen, die Messungen verbessern, und Messfehler verringern soll.

Bisherige Untersuchungen mit EMA wie z.B. von Kretschmer, Müllauer und Luther zeigen im klinischen Einsatz die bereits gute Darstellung funktionsgebundener Zungenmotorik in Relation zu den umgebenden anatomischen Strukturen 38;42;47.

Die bisher kommerziell erhältlichen Systeme weisen allerdings noch eine zu geringe Messgenauigkeit und Samplingrate auf. Der Messhelm ist zu schwer und zu träge bei Kopfbewegungen, und somit für Messungen an Kindern ungeeignet.

Das im Gegensatz zu bisher erhältlichen Artikulographen neu entwickelte Messsystem vermeidet nun die gegenseitige Beeinflussung der Senderspulen. Verdrehungen der Empfängerspulen werden durch separate Drehwinkelmessungen bestimmt und rechnerisch kompensiert. Somit wird der verdrehungsbedingte Messfehler eliminiert. Die Aufnahmedauer ist unbegrenzt. Der Messhelm ist durch seine Leichtbauweise mit Carbonstäben in Kombination mit einer Hartschaumschale sehr viel leichter und als kleinere Variante auch zur Messung an Kindern geeignet. Dazu wird die Handhabung für den klinischen Einsatz vereinfacht. Der Helm kann mit Hilfe individuell einstellbarer Klettbänder unterschiedlichen Kopfdurchmessern angepasst werden und die Hartschaumschalen können innerhalb des Carbongestells verstellt werden, um den erwünschten Messbereich möglichst im Zentrum des Messhelms zu justieren. Eine individuell einstellbare Nasenstütze kann der jeweiligen Kopfform angepasst werden und dient zusätzlich der Stabilisierung.

Durch kontinuierliches Abspeichern der Daten können erstmals Langzeitbeobachtungen durchgeführt werden.

Mit den so gewonnenen Daten kann die Diagnostik der Zungenbewegungen besser objektiviert werden, insbesondere im Hinblick auf eine Umstellung der Zungenfunktion im Verlauf einer kieferorthopädischen bzw. einer myofunktionellen Behandlung.

Durch eine individuell angefertigte Schablone kann die Kauebene als Referenzebene aufgezeichnet werden. Die Messung ist z.B. im Rahmen einer myofunktionellen Therapie zu einem späteren Zeitpunkt wiederholbar und einfach zu realisieren. Es kann jederzeit ein Bezug zur Ausgangsmessung hergestellt werden^{38;47}.

Durch die Gewichtsreduktion des Messhelmes ist der Tragekomfort im Gegensatz zu den bisherigen Systemen zwar deutlich verbessert, der Proband empfindet es dennoch unangenehm, den Helm bei längeren Messungen in ein und derselben Position zu halten.

Als eine weitere Schwierigkeit erwies sich die Fixation des Helmes. Zwar konnte durch ein zusätzliches Nackenband der Helm am Hinterkopf gut fixiert werden, die Nasenstütze jedoch führte bei nahezu allen Probanden zu leichten Druckschmerzen im Bereich des Nasenrückens.

Trotz verbesserter Passung des Messhelmes besteht weiterhin die Möglichkeit, dass der Helm verrutscht. Um Messfehlern durch Verrutschen des Helmes vorzubeugen muss auch weiterhin ein Kompromiss zwischen Tragekomfort und notwendigem Fixationsdruck zur Helmsicherung, besonders durch die Nasenstütze, gefunden werden.

Bereits Truller et al. versuchten 1990 das Problem durch ein Vakuumkissen, das auf den Schultern platziert war, zu lösen. Trotz der dadurch größeren Stabilität und dem erhöhten Tragekomfort für den Probanden bezeichneten sie die Konstruktion als nicht optimal⁶⁴.

4.2 Vergleich bisheriger Verfahren

Das Verfahren mit dem technisch geringsten Aufwand zur Analyse intraoraler Bewegungsabläufe beim Sprechen und Schlucken ist das indirekte Verfahren der rein akustischen Analyse. Bei dieser Art der Untersuchung können jedoch, anders als bei der elektromagnetischen Artikulographie, keine motorischen Ab-

läufe in direkten Bezug zu akustischen Signalen gesetzt werden. Es kann lediglich ein subjektiver Rückschluss durch den Sprachschall auf die Artikulation innerhalb der Mundhöhle gezogen werden.

Die Palatographie oder deren technische Weiterentwicklung, die Elektropalatographie, verwendet einen der jeweiligen Person angepassten künstlichen Gaumen, der eine Vielzahl von implantierten Elektroden enthält, an denen bei Berührung mit der Zunge ein elektrisches Signal erzeugt wird. Für bestimmte Laute kann so ein Zungen- Gaumen- Konturmuster erfasst werden.²² Dadurch lassen sich jedoch keine größeren Patientengruppen untersuchen, da die Herstellung der individuellen Gaumenmodelle sehr zeitaufwändig und kostspielig ist. Dazu kommt, dass zwar die Berührungspunkte der Zunge mit dem Gaumen, nicht jedoch die Bewegung der Artikulation selbst aufgezeichnet werden kann. Somit können auch keine kinematischen Parameter wie Geschwindigkeitsprofile oder Bewegungsamplituden berechnet werden.

Ultraschallverfahren und deren Weiterentwicklungen haben den Nachteil, dass keine echte dynamische Darstellung der Zungenbewegungen möglich ist, da im Gegensatz zur EMA nur Einzelbildanalysen möglich sind^{17;56}.

Weiterhin lassen sich bei Ultraschall B-Scan-Verfahren Unterkiefer und Gaumen nicht darstellen, sodass sich die Position der Zunge relativ zu diesen Strukturen nicht erfassen lässt. Die räumliche und die zeitliche Auflösung dieser Methode sind dadurch begrenzt, dass das Ultraschallbild mit Hilfe eines Video-Systems registriert werden muss. Die zeitliche Auflösung für die Zungenkonfiguration liegt dabei bei maximal 60Hz. Die Bewegung der Zungenspitze kann oft nicht zuverlässig dargestellt werden, da sich unterhalb der Vorderzunge Luft befindet oder sich die Zungenspitze unter Umständen im Schallschatten der Unterkiefersymphyse befindet.

Mit Dehnungsmessstreifen und optoelektrischen Systemen, wie z.B. dem ELITE- System, die seit den siebziger Jahren im Einsatz sind, können simultan Bewegungen der Oberlippe, der Unterlippe und des Unterkiefers registriert werden.^{6;16} Allerdings lassen sich mit diesen Verfahren, im Gegensatz zur EMA, weder Zungen- noch Gaumensegelbewegungen registrieren¹.

Die bisher genannten Verfahren haben als gemeinsamen Vorteil die biologische Unbedenklichkeit und eine verhältnismäßig einfache Handhabung.

Die weitere Methode, um Bewegungsabläufe intraoral beurteilen zu können, ist die Röntgenkinematographie. Durch die Passage eines Kontrastmittels, in der Regel eines zu schluckenden Bariumbreis, kann zwar ein größerer Bereich als bei der EMA erfasst werden, als Nachteil ist jedoch zu nennen, dass die Auswertung nur über die Darstellung des gesamten Bewegungsablaufes und nicht mittels Einzelbildanalyse, wie bei der EMA, geschehen kann.⁶⁵ Hinzu kommen die von Shawker et al. 1984 beschriebenen Überlagerungsphänomene von vorderem und hinterem Zungenbereich im anterior-posterioren Strahlengang sowie von Kontrastmitteln und metallenen Füllungen der Zähne im seitlichen Strahlengang⁵⁵.

Andere röntgenologische Verfahren wie Kineflouradiographien verwenden ebenso konventionelle Röntgenstrahlen, um orofaziale Strukturen im seitlichen Strahlengang zu durchleuchten. Meist werden an sprechphysiologisch relevanten Orten Bleiplättchen angebracht, deren Auslenkung mit Hilfe einer Röntgenfilmkamera registriert wird⁴⁶. Beide Verfahren sind jedoch mit einer hohen Strahlenbelastung für den Probanden verbunden und sind somit als problematisch zu betrachten.

Das Röntgen-Mikrostrahlverfahren (x-ray microbeam) stellt eine Weiterentwicklung der herkömmlichen röntgenologischen Verfahren dar, durch die sich sowohl die Strahlenbelastung reduzieren und die zeitliche Auflösung verbessern lässt^{23;39}. Die Nachteile dieses Verfahrens sind jedoch zum einen die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten, zum anderen wird die Registrierung durch Zahnfüllungen erheblich beeinträchtigt.

Der eindeutige Vorteil der elektromagnetischen Artikulographie gegenüber den röntgenologischen Untersuchungsverfahren liegt in der biologischen Unbedenklichkeit, da keine Belastung durch Röntgenstrahlung auftritt.

Leitgeb et al. untersuchten 1993 den Einfluss elektromagnetischer Felder mit sehr hoher und sehr niedriger Frequenz auf die Zellmembranen in Bezug auf die Entstehung bestimmter Krebsarten, besonders bei Kindern. In einer bis dahin

kontrovers geführten Diskussion konnte jedoch kein Nachweis erbracht werden⁴⁰.

Kawashima et al. untersuchten 1999 mit einer Kombination aus röntgenologischen Messungen zeitgleich mit Ultraschallmessungen Zungenbewegungen beim Schlucken. Es zeigten sich dabei keine signifikanten Unterschiede in der Bildqualität zwischen den Bewegungsbahnen der Röntgen- und der Ultraschallbilder. Beide Methoden sind gleichwertig nützlich zur Untersuchung der Zungenbewegungen³⁷.

4.3 Vergleichbare EMA- Studien

Alle bisherigen Untersuchungen mit der elektromagnetischen Artikulographie wurden mit den konventionell erhältlichen Messvorrichtungen, wie z.B. dem Artikulographen der Firma Carstens, durchgeführt.

Engelke et al. untersuchten 1989 erstmals mit der EMA Bewegungsbahnen bei Schluck- und Sprechbewegungen auf ihre Reproduzierbarkeit. Die Untersuchung bestand jedoch fast nur aus einer beschreibenden Analyse, wobei lediglich Länge und Richtung der Trajektorien erläutert wurden. Besondere Bedeutung wurde dabei dem Schluckakt zugemessen, wobei Einzeltrajektorien vermessen und in verschiedene Gruppen unter 1mm, unter 2,5mm und über 2,5mm eingeteilt wurden. Kritisch zu beurteilen ist dabei eine fehlende Einteilung in Leer- und Wasserschlucken¹³.

Auch Schwestka- Polly et al. untersuchten Bewegungsbahnen im Hinblick auf ihre Reproduzierbarkeit. Auch hier fällt auf, dass meist visuelle Beurteilungen im Vordergrund stehen, wobei besonders die Bewegungsrichtung an sich und ihre sagittale und vertikale Komponente analysiert wurden⁵⁴.

Eine weitere deskriptive Analyse ist auch die Untersuchung von Engelke et al. aus dem Jahre 1990, die die Reproduzierbarkeit von Sprech- und Schlucksequenzen beschreibt⁹. Weiterführende Analysen, die eine Weiterentwicklung und Präzisierung der erwähnten Methode darstellen, beschreiben Engelke et al. 1991¹⁴. Die Reproduzierbarkeit wurde zum einen durch deskriptive Analysen festgestellt, zum anderen wurden auch Teiltrajektorien der Zungenspitze von Sprachsequenzen bei der Bildung dentoalveolärer Sequenzen wie Vokal-Konsonant- und Konsonant- Vokal- Sequenzen im Verhältnis zur Bissebene

ermittelt. Daneben konnten die Bewegungsamplituden über Mittelwerte und Interquartilabstände dargestellt werden. Die Varianzanalysen wurden mit Hilfe von Wilcoxon- Vorzeichenrangtests durchgeführt.

Müller et al. untersuchten Bewegungsbahnen ebenfalls nicht nur deskriptiv, sondern auch durch Analysen der Gaumenkontaktflächen auf ihre Reproduzierbarkeit, im Sinne ihrer maximalen Bewegungsamplituden⁴⁸.

Im Rahmen kieferorthopädischer Diagnostik untersuchten Schwestka- Polly et al. 1992 mit Hilfe der EMA unphysiologische Zungenfunktionen eines Patienten mit offenem Biss. Die Zungenbewegungen wurden während des Schluckens und Sprechens einer VCV- Sequenz zum einen eines gesunden Probandens und zum anderen eines Dysgnathiepatienten aufgezeichnet. Die Ergebnisse beruhen jedoch ebenfalls auf rein deskriptiven Analysen und berufen sich auf eine sehr kleine Fallzahl⁵³.

1995 untersuchten erneut Schwestka- Polly, Engelke et al. Zungenbewegungen mit Hilfe der EMA. Bewegungstrajektorien eines Patienten mit frontal offenem Biss wurden erst ohne, danach in derselben Sitzung mit einer kieferorthopädische Apparatur untersucht. Die Zunge nahm bei Aufzeichnung mit der kieferorthopädischen Apparatur eine weiter vertikale und posteriore Position ein als ohne⁵⁴.

2004 untersuchten Fletcher et al. in einer kombinierten Studie mit EMA und EPG koartikulatorische Effekte beim Sprechen zwischen den Vokalen „i“ und „a“. An der Studie nahmen zwei Probanden teil, die standardisiertes britisches Englisch sprachen. Nach Fletcher et al. bestehen lediglich geringfügige transkonsonantale koartikulatorische Effekte zwischen den beide Vokalen „i“ und „a“, die in entsprechende Sprachsequenzen eingebunden waren¹⁵

Auch Goozee et al. veröffentlichten 2003 eine vorbereitende Untersuchung, in der mit der elektromagnetischen Artikulographie Sprechgeschwindigkeiten beim wiederholten Sprechen von „ta“ und „ka“- Silben untersucht wurden. Die Silben wurden zuerst mit einer Geschwindigkeit von 3 Silben pro Sekunde, danach so schnell wie möglich gesprochen. Die untersuchten Distanzen, die die Zunge dabei jeweils zurücklegte, nahmen ab oder blieben gleich, die Beschleunigung blieb ebenfalls unverändert, lediglich die Geschwindigkeit nahm zu¹⁹.

Eine weitere Untersuchung mit der elektromagnetischen Artikulographie unternahm Recasens im Jahr 2002⁵⁰. Er untersuchte koartikulatorische Einflüsse des Zungenrückens im Vergleich zu denen der Zungenspitze beim Sprechen bestimmter VCV-Sequenzen. Benutzt wurde dabei der Artikulograph der Firma Carstens. Die Bewegungsbahnen wurden dabei in der vertikalen Dimension vom Zungenrücken und in der horizontalen Dimension von Zungenrücken und Zungenspitze dargestellt. Er stellte dabei fest, dass dorsal gebildete Konsonanten eher eine einheitliche Zungenaktivität aufweisen, während bei Konsonanten, die anterior gebildet werden, Zungenrücken und Zungenspitze bei der Bewegung eher unabhängig voneinander agieren.

Die vorliegende Studie wurde mit einer Weiterentwicklung des Artikulographen der Firma Carstens durchgeführt. Wie bereits erwähnt, verspricht man sich durch die leichtere Helmkonstruktion und den bequemer zu tragenden Helm, sowie die technischen Weiterentwicklungen eine gegenseitige Beeinflussung der Senderspulen zu vermeiden. Messfehler sollen durch zusätzliche Messungen und Kompensation der Empfängerspulenverdrehungen minimiert werden. Es konnte dadurch eine unbegrenzte Aufnahmedauer und eine Vereinfachung des Handlings und des klinischen Einsatzes erreicht werden.

In Anlehnung an und mit den Erfahrungswerten aus Studien von Müllauer, Luther und Kretschmer sollen durch bestimmte Sprechsequenzen Zungenbewegungen im Hinblick auf die Diagnostik von Fehlfunktionen und bei myofunktio-neller Therapie erfasst werden können.^{38;42;47}

Zum einen wurden durch Messfehleranalysen Variablen mit hohen Messfehlern von vorn herein eliminiert, zum anderen soll mit den verbleibenden Messfehlern und den mit ihnen in Zusammenhang stehenden gemessenen Werten eine Normtabelle erstellt werden. Sie gibt für die jeweilig gemessenen Werte einen Normwert mit Abweichungsrahmen an, der die Standardabweichung beschreibt, sodass bei weiteren Messungen im Rahmen der Diagnostik oder zur Erweiterung der Studie die neu gemessenen Werte direkt mit der Normwerttabelle verglichen werden können.

Zusätzlich soll herausgefunden werden, ob ein Unterschied durch Messungen des Probanden in aufrechter oder entspannter Position besteht.

4.4 Vergleich von Studien mit unterschiedlichen Körperhaltungen

Vergleicht man Studien, die unterschiedliche Körperhaltungen oder Veränderungen der Wirbelsäule mit orofazialen Fehlbildungen oder Fehlfunktionen oder mit anatomisch gesunden Strukturen in Beziehung setzen, so zeigen die bisherigen Untersuchungen durchaus unterschiedliche Ansätze und Ergebnisse.

Die Tatsache, dass die Wirbelsäule und deren muskuläre Stützen in einem engen Zusammenhang mit den skeletalen und muskulären Strukturen des Kauorgans stehen, bedeutet, dass deren Zusammenspiel schon lange Gegenstand vieler Diskussionen ist ²⁷.

In keiner der bisherigen Studien ist der Zusammenhang jedoch eindeutig geklärt. H. und U. Hirschfelder untersuchten den Zusammenhang zwischen Haltungstörungen und Distalbisslage bzw. Artikulationsstörungen und konnten dafür keinen Zusammenhang finden ²⁷.

Andererseits gibt es laut U. und H. Hirschfelder jedoch einen eindeutigen Zusammenhang zwischen verschiedenen Körperpositionen und der Progenie ^{24;28}. Zwischen der Okklusion und verschiedenen Körperhaltungen wiederum konnte keine Korrelation gefunden werden ⁴⁹.

Die Untersuchungen beruhen dabei meist auf der Auswertung von Röntgenbildern, meist dem seitlichen Fernröntgenbild, Kiefermodellen und einer rein deskriptiven klinischen Analyse, andere werten EMG-Bilder unterschiedlicher Muskelaktivitäten aus ^{7;24;25;28;45}.

Supra- und infrahyoidale Muskulatur zeigte durchaus unterschiedliche Aktivitäten in verschiedenen Körperhaltungen beispielsweise beim Schlucken, Knirschen, Pressen oder bei Bewegungen des Unterkiefers ⁴⁵.

Trotz der viel versprechenden Ansätze der verschiedenen Studien bedarf die Beziehung zwischen der Körperhaltung und den intraoralen Bewegungsabläufen und den skeletalen Strukturen der Mundhöhle weiterführenden Studien und Diskussionen.

Gerade mit der EMA ist ein Verfahren entwickelt worden, mit dem dieser Frage einfach und zuverlässig nachgegangen werden kann. Besonders die Bewe-

gungsabläufe der Zunge oder anderen Strukturen wie beispielsweise dem Gaumensegel, können in einem realen Verhältnis zur Zeit beobachtet und ausgewertet werden. Als Nachteil zum Vergleich verschiedener Körperpositionen muss aber erwähnt werden, dass die Untersuchungen wegen der Größe des Messhelmes nicht liegend durchgeführt werden können.

4.5 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden hier der in Ergebnissteil aufgeführten Reihenfolge nach diskutiert, nicht nach Priorität und Aussagekraft.

4.5.1 Messfehler

4.5.1.1 Distanzen

Bei der Untersuchung der Messfehler der Distanzen werden, wie oben bereits erwähnt, alle Variablen zur Beurteilung mit Sternen kategorisiert. Dabei fällt auf, dass keiner der Werte so hoch ist, dass er aus der Kategorisierung fällt.

Mit drei Sternen werden in aufrechter und in entspannter Position die Variablen D04, D09, D11, D13, D14, D15 und D17, und nur in aufrechter Position die Variablen D05 und D10 des Sweeps metaface beurteilt.

Die Distanz D14 des Sweeps metaface wird ebenfalls in aufrechter und in entspannter Position mit drei Sternen kategorisiert.

Alle anderen Variablen sind entweder mit einem oder mit zwei Sternen gekennzeichnet.

Die Variable D04 beschreibt dabei die Distanz bzw. die Aufwärtsbewegung vom zweiten Vokal zum zweiten t-Punkt. Diese Distanz ist von Bedeutung, da der erste und der zweite t-Punkt die eigentlich interessante VCV-Sequenz in einen Rahmen einbetten, der der Sequenz einen Ausgangs- und einen Endpunkt gibt. Zusätzlich sind nicht nur die beiden t-Punkte, sondern auch das ganze Wort me-t-VCV-t-e, in das die VCV-Sequenz eingebettet ist, von Bedeutung, da der Patient bzw. der Proband nur so kontrolliert und in immer gleich bleibender Geschwindigkeit die geforderte Sequenz wiedergeben kann.

Die Distanz D05, die vom ersten zum zweiten t-Punkt reicht, ist eher eine Variable zur Kontrolle und zum Längenvergleich der Sequenzen.

Die Distanzen D09- D10 dagegen beschreiben immer die Distanzen von der jeweiligen Lage der Zungenspitze bzw. der Unterlippe oder des Zungenrückens zum Referenzpunkt an der Gingiva des Oberkiefers, den bereits im vorherigen Kapitel bezeichneten B- Punkten.

Die Strecken können durch äußere Einflüsse variieren.

Die Variationen können von der unterschiedlich genauen Klebung der Spule in der Mundhöhle der einzelnen Probanden abhängen, jedoch beziehen sich die Werte auf einen über alle Probanden gemittelten Wert. Weiterhin können auch anatomische Unterschiede in Größe der Mundhöhle oder der Zunge eine Rolle spielen, woraus auch unterschiedliche Distanzen zu den Referenzpunkten resultieren. Es können ebenso Variationen durch eventuelles Ablösen der Spulen, meist die der Zunge, entstehen, da bei der Wiederbefestigung aus technischen Gründen nie exakt dieselbe Stelle erreicht werden kann. Hinzu kommt, dass durch Zug an den Kabeln und die dadurch entstehenden Spannungen die Spulenposition verändert wird, es also zu Rotationen der Spulen kommt und dadurch die Fehlberechnungen der Distanzen entstehen können.

Um eine Aussage über die Reproduzierbarkeit dieser Strecken machen zu können ist der Messfehler jedoch gut geeignet.

Alle Distanzen zeigen einen besonders guten Messfehler bei dem Sweep meta-fate. Der Grund hierfür könnte sein, dass das „f“ als Lippenlaut nicht von der Spule der Zungenspitze, sondern von der der Unterlippe aufgezeichnet wurde. Es hatte sich im Verlauf der Datenauswertungen gezeigt, dass bei meta-fate die Zungenspitze sehr inkonstante Bewegungsabläufe aufzeigt, und sich somit für deren Bewertungen als nicht geeignet erwies.

Bei der Bildung von „f“ sind Nasenrachen- und Nasenhöhlenraum abgedichtet und die Unterlippe liegt angespannt an den oberen Frontzähnen an. Die Zunge berührt seitlich die oralen Anteile des Alveolarfortsatzes der oberen Prämolaren und Molaren und bildet dadurch einen seitlichen Verschluss. Der expiratorische Luftstrom entweicht medial als stimmloser Reibelaut.⁵²

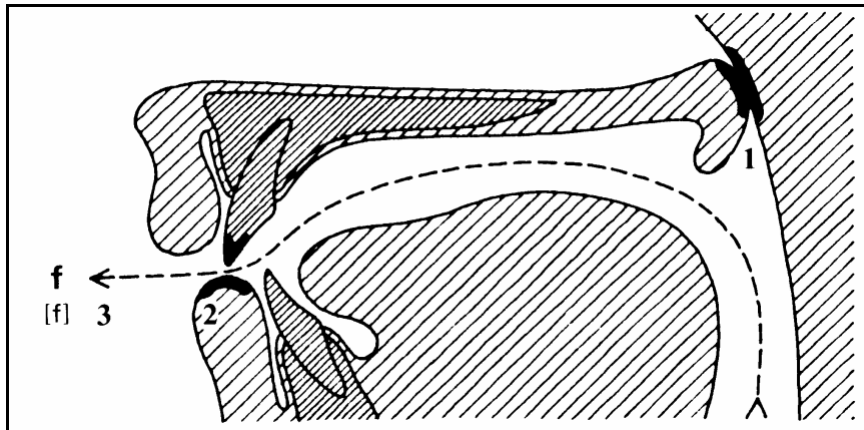


Abbildung 8: Darstellung des Luftstromes bei der Bildung des „f“⁵²

Die VCV-Sequenz wurde dennoch in das Auswertungsprogramm mit aufgenommen, um einen Vergleich bzw. eine Verbindung zu den anderen Aufzeichnungen und einen Zusammenhang zwischen Lippen und Zungenposition erkennen zu können. Die Bildung des „f“- Lautes ist für die Zunge relativ schwierig. Der Proband bzw. der Patient muss relativ genau sprechen können, damit das „f“ deutlich artikuliert wird. Im Gegensatz dazu erfordert die Aussprache anderer Konsonanten wie zum Beispiel des „n“ oder des „l“ kein ausgeprägtes motorisches Geschick wie die Aussprache des „f“, das heißt, ein Patient mit Lippenfehlfunktion kann die Konsonanten „n“ und „l“ immer noch relativ deutlich aussprechen, hat jedoch bei der Bildung des „f“ größere Probleme. Das „f“ spiegelt also relativ einfach eine eventuell vorhandene Lippenfehlfunktion wider. Hinzu kommt, dass Lippenfehlfunktionen oft mit Zungenfehlfunktionen einhergehen, weshalb es ebenfalls sinnvoll erscheint, die Lippenfunktion exemplarisch mit zu untersuchen.

Hinzu kommt, dass die Bewegungsbahnen der Unterlippe im Falle der Aussprache des „f“ reproduzierbarer sind, da die Lippenposition eine immer gleiche Stellung an den Schneidekanten der Oberkieferschneidezähne einnimmt. Somit kann bei jeder neuen Bewegung und bei jeder Wiederholung der Sequenz dieselbe Stellung der Unterlippe leichter eingenommen werden. Die Bewegung und die Lippenposition sind daher gut reproduzierbar.

Ebenfalls ähnlich gute bis sehr gute Messergebnisse bezüglich des Messfehlers ergibt die Untersuchung der VCV-Sequenz im Wort metakate. Die Aussprache der VCV-Sequenz „a-k-a“ erfordert ebenfalls einen höheren motorischen Anspruch. Das „k“ wird dabei vom hinteren Anteil der Zunge gebildet und daher in der vorliegenden Untersuchung durch die dritte Spule erfasst.

Das „k“ ist ein zweiphasig gebildeter Explosiv- und Lösungslaut. Es besteht wie bei der Bildung des „f“ ein velopharyngealer Verschluss. Der Zungenrücken wird an den harten und den weichen Gaumen angedrückt. Ebenso bildet die Zunge durch das Anliegen am Alveolarfortsatz im Bereich der oberen Molaren einen seitlichen Verschluss. Der Luftstrom wird im hinteren Teil der Mundhöhle gestaut. Dann wird bei bestehendem velopharyngealem Verschluss die Abdichtung am Gaumen durch Abflachen des Zungenrückens und respiratorischem Entspannen der Zungenmuskulatur gelöst, und der Luftstrom entweicht geräuschvoll als stimmloser Explosivlaut⁵².

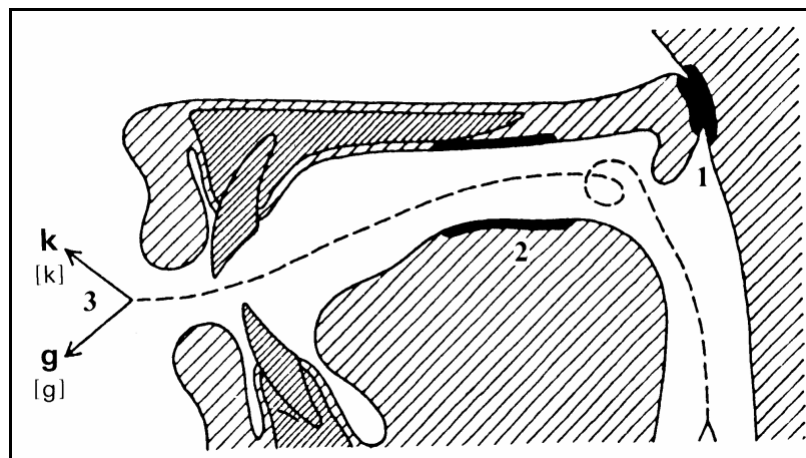


Abbildung 9: Darstellung des Luftstromes bei der Bildung des „k“ und des „g“⁵²

Auch hier waren die Bewegungsbahnen der Zungenspitze bei der Auswertung sehr inkonstant.

Das „k“ spiegelt jedoch, trotz dass es vom Zungengrund gebildet wird, die Zungenbewegungen sehr gut wider.

Als Schlussfolgerung bezüglich der Messfehler der einzelnen Variablen kann gesagt werden, dass die Messfehler aller Distanzen in dem von uns definierten und akzeptierten Rahmen liegen.

Mit allen Distanzen können geeignet gute Aussagen über die Reproduzierbarkeit von Zungenbewegungen gemacht werden.

Dadurch, dass alle Messfehler einen sehr guten bis akzeptablen Messwert aufweisen, können jeweils die gemessenen Werte dieser Distanzen verglichen und zur Normwertdefinition benutzt werden.

Der Sweep metafate weist wieder besonders geringe Messfehler auf. Daher ist dieser Sweep in fast allen Variablen zur Untersuchung der Reproduzierbarkeit von Lippenbewegungen gut geeignet, da die Stellung der Unterlippe bei der Bildung von „f“ immer in Bezug zu den Schneidekanten der oberen Frontzähne steht und somit immer eine definierte eindeutige, und für die Lippe einfach zu findende Stellung einnimmt.

Die im Folgenden beschriebenen Kovarianzanalysen wurden ebenfalls mit den kategorisierten Werten durchgeführt.

Es wurde zum einen der Einfluss von Sweep, Variable und Position in einem Gesamtmodell auf den Messfehler überprüft. Der RSquare- Wert erklärt dabei die prozentuale Streuung der Werte.

Demnach wird das Gesamtmodell zu 65% durch Sweep, Variable und Position erklärt. Die restlichen 35% sind auf nicht erfasste Einflussgrößen zurückzuführen.

Diese können zum Beispiel unterschiedliche Aussprache, dialektische Färbung oder Erkältungskrankheiten sein.

Auch das Alter, die Herkunft, das Geschlecht oder eventuell unterschiedliche Bildung könnten als Einflussgrößen eine Rolle spielen.

Eventuell könnten in einer weiterführenden Studie einige der genannten möglichen Einflussgrößen bei der Untersuchung der Probanden berücksichtigt werden, um eine noch genauere Beschreibung des Modells zu erhalten.

Der effect test zeigt, dass im Gesamtmodell der Sweep den größten statistisch signifikanten Einfluss auf den Messfehler hat. Das bedeutet, dass die untersuchten Sweeps sich für weitere Untersuchungen gut eignen. Lediglich der Sweep metasate hat auf das Modell keinen signifikanten Einfluss.

Die Variable hat ebenfalls einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Messfehler, der jedoch nicht so entscheidend ist wie der des Sweeps, aber deutlicher als der der Position. Hätte die Variable einen höheren Einfluss als der Sweep, könnten die gemessenen Werte innerhalb eines Sweeps nicht miteinander verglichen werden. Die Variablen sind also gut miteinander vergleichbar.

Die Position hat im Vergleich zu Sweep und Variable keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den Messfehler, was bedeutet, dass die aufrecht und entspannt gemessenen Werte sehr gut miteinander verglichen werden können. Hätte die Position einen größeren Einfluss, könnte der Vergleich nicht stattfinden.

Betrachtet man lediglich den Einfluss des Sweeps im Einzelmodell auf den Messfehler, stellt sich ein signifikanter Einfluss zu einem Prozentsatz von 50,21% dar. Betrachtet man die einzelnen Sweeps genauer, stellt man fest, dass metafate, metakate, metalate und metanate mit einem p -Wert $< 0,0001$ und metaschate mit einem p -Wert von 0,0032 einen signifikanten Einfluss auf das Modell ausüben, während metasate und metatate mit größeren p -Werten keinen signifikanten Einfluss haben.

Der RSquare- Wert liegt in diesem Fall bei 50%.

Bei Betrachtung der Variablen für sich fällt auf, dass die Variablen D02, D04, D06, D07, D08, D09, D11, D12, D15 und D17 einen p - Wert $< 0,05$ aufweisen und somit einen signifikanten Einfluss auf das beschriebene Modell ausüben.

Der RSquare -Wert liegt bei 14%.

Die Positionen haben im Einzelmodell beide keinen signifikanten Einfluss auf den Messfehler.

Zu den Kovarianzanalysen wurden oneway-Analysen durchgeführt, um einen Unterschied bezüglich des Messfehlers zwischen aufrechter und entspannter

Position herauszufinden. Die Analyse ist über alle Sweeps gemittelt und wird jeweils für jede Variable durchgeführt.

Es besteht jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den aufrechten und entspannten Messungen bezogen auf die Variablen.

Des Weiteren wurden oneway-Analysen durchgeführt, die über alle Variablen gemittelt und für jeden Sweep berechnet wurden. Auch hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den aufrechten und entspannten Messungen. Die aufrechten und entspannten Werte der Messfehler sind also gut miteinander vergleichbar.

Eine Ursache dafür, dass es keinen Unterschied gibt, könnte sein, dass für die unterschiedlichen Probanden entweder die aufrechte oder aber die entspannte Position die angenehmere ist. Je nachdem würden demnach auch die Messungen unterschiedlich ausfallen.

Betrachtet man alle Sweeps, fallen zwar Tendenzen auf, die einen Unterschied zwischen aufrechten und entspannten Messungen zugunsten der aufrechten Messungen wegen eines geringeren Messfehlers, andeuten; diese sind jedoch statistisch nicht signifikant.

Am deutlichsten erkennbar ist mit einem p-Wert von 0,0847 der Unterschied bei metafate, der entweder nur zufällig besteht oder metafate nimmt doch eine Art Sonderstellung ein, da, wie zuvor bereits erwähnt, das „f“ ein Lippenlaut ist.

Auch bei der Bildung des „k“ im Sweep metakate fällt ein gewisser Aufwärtstrend der Boxplots auf, der jedoch deutlich geringer ausgeprägt ist als bei metafate. Auch hier ist zu bemerken, dass das „k“ nicht von der Zungenspitze, sondern vom Zungenrücken gebildet wird.

Bezüglich der Mittelwerte und der Mediane der Messfehler ist zu bemerken, dass die Messungen bei metafate die besten und geringsten Messfehler aufweisen. Vergleicht man dann in Bezug auf Mittelwert, Median und Standardabweichung auch noch die aufrechten und entspannten Messungen, fällt auf, dass die aufrechten Messfehler immer den geringeren Wert aufweisen. Es besteht

also durchaus eine Tendenz zu einem eventuellen Unterschied, wobei die Standardabweichung bezogen auf den Mittelwert in aufrechter Position den günstigeren Rahmen aufweist.

Der Unterschied zwischen aufrechten und entspannten Messungen ist beim Sweep metafate am deutlichsten.

Betrachtet man die Messfehler also wie eben beschrieben, liegt der Verdacht nahe, dass die Lippenbewegungen neben der Analyse von Zungenbewegungen eine weitere Möglichkeit zur Diagnostik myofunktioneller Fehlfunktionen bieten.

Die Sweeps metanate und metalate zeigen die größten und ungünstigsten Messfehler bezogen auf Mittelwert und Median. Beim Vergleich der aufrechten und entspannten Messungen liegen Median und Mittelwert schon wesentlich näher beieinander, ein Unterschied zwischen aufrechten und entspannten Messungen ist kaum noch zu erkennen. Der p-Wert zeigt ebenfalls keinen statistisch signifikanten Unterschied.

Die Ursachen hierfür könnten darin liegen, dass die Bildung der Buchstaben „n“ und „l“ bei der Bildung vom Patienten keine hohen motorischen Leistungen verlangen. „n“ und „l“ sind ähnliche Laute, die meist auch von Patienten mit Sprachschwierigkeiten noch gut ausgesprochen werden können.

Bei der Bildung des „n“ als Nasallaut besteht ein Durchgang in den Nasenrachen und in die Nasenhöhle. Die unteren Frontzähne sind den oberen angenähert und der vordere Zungenrand liegt dem frontalen oralen Alveolarfortsatz des Oberkiefers an. Die Zunge liegt zudem seitlich am Alveolarfortsatz der Oberkieferseitenzähne zum seitlichen Verschluss an.

Das „l“ ist ein Resonanzlaut und wird dadurch gebildet, dass das Velum angehoben ist und durch Berühren der Hinterwand des kontrahierten oberen Rachenanteils einen Abschluss gegen Nasenrachen und Nasenhöhle bildet. Der vordere Zungenrand liegt wieder am Alveolarfortsatz an und es besteht ebenfalls ein seitlicher Verschluss. Durch laterale Öffnungen im Bereich des weichen Gaumens entweicht der stimmhafte expiratorische Luftstrom beidseitig nach vestibulär.

Vergleicht man nun die Mittelwerte und Mediane jeweils der aufrechten und der entspannten Messungen untereinander, also den aufrechten Mittelwert mit dem aufrechten Median bzw. den entspannten Mittelwert mit dem entspannten Median, fällt auf, dass bei den Sweeps metanate, metaschate, metatate, metakate und metafate die Messfehler relativ nahe beieinander liegen, sodass die Messwerte sich fast einer Normalverteilung nähern.

Die Sweeps metasate und metalate divergieren dagegen schon etwas mehr als die eben erwähnten.

Da die Messfehler in Bezug auf Mittelwert und Median beider Werte, also der aufrechten und der entspannten Werte, relativ nahe beieinander liegen, können die Werte auch direkt miteinander verglichen werden.

Eine Tendenz ist, wie bereits angesprochen, jedoch im Vergleich der aufrechten zu den entspannten Messungen deutlich zu erkennen. Demnach sind in den meisten Fällen die Messfehler der aufrechten Messungen immer günstiger und Mittelwert, Median und Standardabweichungen haben den kleineren Wert. Daher ist schlussfolgernd zu sagen, dass zwar zwischen den beiden Positionen kein signifikanter Unterschied bezüglich der Messfehler besteht, die aufrechten Messungen jedoch im Vergleich immer den günstigeren Wert zeigen.

4.5.1.2 Winkel

Die bei den Distanzen beschriebene Vorgehensweise gilt ebenso für die Winkel.

Die Messfehleranalyse zeigt, dass viele der Winkel einen sehr großen Messfehler aufweisen. Auch hier wurden die Messfehler mit der bereits oben beschriebenen Kategorisierung bewertet. Dabei fällt auf, dass lediglich die Winkel Alpha1 und Alpha2 vorwiegend mit zwei oder drei Sternen kategorisiert sind. Alle anderen Winkel ergeben lediglich befriedigend bis nicht ausreichend geringe Messfehler. Ausnahmen bilden nur einzelne Werte.

Bei der Durchsicht der Daten fällt sonst kein Sweep durch gute Messfehler auf. Es ist keine Dominanz eines Sweeps erkennbar. Der Sweep metafate hat insgesamt zwar die besseren Messfehler, die Dominanz ist jedoch nicht so überzeugend wie bei den Distanzen.

Die große Datenstreuung kann beispielsweise an Zugspannungen des Kabels liegen, wobei jedoch die Daten der Distanzen ebenso stark variieren müssten. Ein weiterer Grund könnte auch die doch vorhandene Unbequemlichkeit des Helmes sein, die trotz allen Verbesserungen der Helmpassung weiterhin Bestand hat. Aber auch hier müssten die Distanzen einen ähnlich abweichenden Messfehler aufweisen.

Es wäre dazu auch möglich, dass Datenvariationen durch äußere Umstände zustande kommen. Es wurde zwar sehr gründlich darauf geachtet, dass die Probanden alle gestellten Forderungen erfüllen, man kann trotzdem keine Aussage über deren Konzentrationszustand während des gesamten Versuchsauflaufes machen. Auch Alkoholkonsum am Vorabend oder wenig Schlaf beeinflusst die Messung, was jedoch nicht immer überprüfbar ist.

Hinzu kommt, dass einige der Probanden ein Deutsch mit dialektischer Färbung sprechen und somit nicht in ihrer Muttersprache die ihnen vorgelegten Sätze aussprachen, was von einigen wahrscheinlich einen erhöhten Aufwand an Konzentration erforderte.

Betrachtet man den Sweep metafate, der ja doch die besten Messfehler aufweist, so bemerkt man, dass alle Winkel, die an der Bildung des „f“ beteiligt sind relativ gute Werte aufweisen. Alpha2 wird durch die Strecke vom „a“ zum „f“ und der Kauebene gebildet, Alpha3 von der Strecke vom „f“ zum zweiten „a“ und der Kauebene, Alpha7 von der Strecke vom ersten „t“ zum „f“ und der Kauebene und Alpha8 von der Strecke vom „f“ zum zweiten t und der Kauebene. Der eher schlechte Wert von Alpha8 ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass der zweite t-Punkt ganz am Ende der Sequenz liegt und mit der eigentlichen „f“-Bildung nichts mehr zu tun hat.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass sich die Winkel trotz einiger guter Messfehler im Großen und Ganzen nicht zur Diagnostik myofunktioneller Fehlfunktionen der Zunge eignen.

Es besteht die Möglichkeit, den Sweep metaface zur Diagnostik von Lippenproblematiken heranzuziehen, da er die einzig verwendbaren Messfehler aufweist.

Die Kovarianzanalyse zur Bestimmung des Einflusses von Sweep, Variable und Position auf das Gesamtmodell und auf die verschiedenen Einzelmodelle ergibt, dass das Gesamtmodell zu 81% durch Sweep, Variable und Position erklärt wird. Die Einzelmodelle ergeben, dass der Einfluss des Sweeps einen RSquare-Wert von 9% aufweist. Der Einfluss der Variablen beträgt 75% und der der Position 0,08%. Auch im Falle der Winkel hat die Position also keinen Einfluss auf den Messfehler.

Die durchgeführten oneway-Analysen zur Erfassung eines Unterschiedes der aufrechten und entspannten Position bezüglich der Messfehler wurden zum einen für jede Variable und zum anderen für jeden Sweep durchgeführt. Auch hier wurden nur die Werte verwendet, die einen kategorisierten Messfehler mit einem, zwei oder drei Sternen aufweisen. Dadurch ergibt sich das Problem, wie im Einzelnen nachfolgend näher aufgeführt wird, dass bei einigen Sweeps durch eine zu geringe Fallzahl unzureichend auswertbare Daten bestehen.

Mit einer Fallzahl von 6 bzw. 7 sind, ermittelt für jede Variable, nur Alpha1 und Alpha2 auswertbar. Bei allen anderen Variablen beträgt die Fallzahl 1 oder 3.

Bei Alpha1 und Alpha2 liegen die Mediane und Mittelwerte relativ nah beieinander, sodass auch hier die Daten einer Normalverteilung relativ nahe kommen.

Bezüglich der Standardabweichung ist zu bemerken, dass bei beiden Variablen jeweils die aufrechte Position die kleinere Standardabweichung aufweist.

Alpha1 zeigt in aufrechter Position den größeren Mittelwert bezogen auf den Messfehler, jedoch den kleineren Median. Bei Alpha2 zeigt sich in aufrechter Position ein kleinerer Mittelwert und ein kleinerer Median.

Eine Tendenz, welche Position nun bezüglich der Messgenauigkeit die günstigere ist, lässt sich nicht eindeutig erkennen. Man könnte vermuten, dass aufgrund der kleineren Streuungen der Standardabweichungen die aufrechte Position den geringeren Messfehler aufweist.

Bei Alpha4 fällt auf, dass trotz einer geringen Fallzahl Mittelwert und Median sehr nahe beieinander liegen. Auch hier zeigt sich, dass die aufrechten Messungen im Vergleich zu den entspannten einen kleineren Messfehler aufweisen, die Standardabweichung jedoch bei beiden ungefähr gleich ist. Dadurch ist ebenfalls ein leichter Trend bezüglich der günstigeren Messfehler der aufrechten Position zu erkennen.

Für alle anderen Variablen kann aufgrund der zu geringen Fallzahl über Mittelwert, Median und Standardabweichung keine Aussage getroffen werden.

Betrachtet man die p-Werte aller Variablen, lässt sich lediglich über Alpha1, Alpha2 und Alpha4 eine Aussage treffen. Alle p-Werte weisen einen Wert $>0,05$ auf. Es besteht somit kein signifikanter Unterschied zwischen den aufrechten und entspannten Positionen bezüglich der Messfehler.

Weiterhin wurden die oneway-Analysen noch für jeden Sweep ermittelt.

Auch die Sweeps zeigen durchweg mit einer Fallzahl zwischen 2 (metakate, metalate, metaschate) und 4 (metasate) zu geringe Datenmengen, als dass über einen Sweep eine statistisch sinnvolle Aussage gemacht werden könnte.

Über die p-Werte lässt sich keine Aussage treffen, ebenso wenig ist im Vergleich der aufrechten und entspannten Positionen eine deutliche Tendenz zu einer der Positionen erkennbar. Die Standardabweichungen weisen überwiegend in der aufrechten Position den geringeren Wert auf (metafate, metanate, metasate, metaschate, metatate). Median und Mittelwert zeigen ebenfalls in den meisten Fällen in aufrechter Position den kleineren Wert, der aber aufgrund der zu geringen Fallzahlen statistisch nicht bewertet werden kann.

4.5.2 Oneway-Analysen zur Ermittlung eines Unterschiedes zwischen aufrechter und entspannter Körperhaltung

4.5.2.1 Distanzen

Um die gemessenen Werte der aufrechten und entspannten Messungen miteinander vergleichen zu können, wurde wiederum eine oneway-Analyse durchgeführt. Die gemessenen Werte müssen miteinander verglichen werden, da es durchaus vorkommen kann, dass bezüglich der Messfehler kein Unterschied zwischen den beiden Positionen besteht, die wahren Werte jedoch trotzdem voneinander abweichen.

Für die Ermittlung der oneway-Analysen der Distanzen und der Winkel wurden ebenfalls nur die Datenpaare verwendet, die in der zuvor beschriebenen Messfehleranalyse mit Sternen kategorisiert waren. Werte mit einem zu schlechten Messfehler wurden aus den Berechnungen ausgeschlossen. Im Falle der Distanzen wurden also alle Messwerte in die oneway-Analyse mit einbezogen, im Falle der Winkel nur die bereits oben beschriebenen Datenpaare.

Im Folgenden werden die Vergleiche der aufrechten und entspannten Messwerte, sortiert nach Variablen und gemittelt über die Sweeps, beschrieben.

Dabei fällt auf, dass die Variablen D02 mit einem p-Wert von 0,0480, D03 mit einem p-Wert von 0,0338 und D04 mit einem p-Wert von 0,0026 einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen aufrechter und entspannter Position aufweisen. Betrachtet man die Vergleiche der anderen Variablen, so hat D01 den nächst niedrigeren p-Wert mit 0,0964, der zwar statistisch keine Signifikanz zeigt, einen Trend zum Unterschied jedoch eindeutig erkennen lässt.

Es lässt sich also sagen, dass die Strecken D01, D02, D03 und D04 einen Unterschied der beiden Positionen aufweisen. Betrachtet man die Distanzen näher, so beschreiben sie genau die für die Studie aussagekräftigen und wichtigen Strecken.

D01 beschreibt die Strecke vom ersten „t“ zum ersten „a“, D02 vom ersten „a“ zum jeweils untersuchten Konsonanten, D03 die Strecke vom Konsonanten zum zweiten „a“ und D04 die Strecke vom zweiten „a“ zum zweiten „t“. Der ge-

samte Komplex ist also die VCV-Sequenz, eingebettet in ein „t“ zu Beginn und eines am Ende der Sequenz, um Geschwindigkeit und Sprechrhythmus gut einhalten zu können. Die Zunge hat durch die beiden „t“- Punkte in jedem Sweep immer denselben Ausgangs- und Endpunkt, weshalb die einzelnen Sweeps auch gut miteinander verglichen werden können.

Das „t“ nimmt dabei in der ersten Position eher eine weiter anteriore Position ein als das zweite „t“, das nach dem zweiten Vokal gesprochen wird.

Das „t“ an sich wird in zwei Phasen gebildet. Zuerst herrscht in der Stauungsphase ein velopharyngealer Verschluss, bei dem sich die unteren Frontzähne den oberen Frontzähnen nähern. Gleichzeitig wird die Zungenspitze an den oralen frontalen Teil des Alveolarfortsatzes an der Innenseite der Oberkieferfrontzähne angedrückt. Zusätzlich liegt die Zunge seitlich am oralen Alveolarfortsatz im Bereich der Oberkieferseitenzähne an und bildet den seitlichen Verschluss. Dann löst sich die Zunge durch Entspannen der Zungenmuskulatur und die gestaute Luft entweicht nach medial⁵².

Diese Position lässt sich gut reproduzieren und dient daher als Ausgangs- und Endpunkt für die eigentlich zu untersuchende VCV-Sequenz.

Nach dem „t“ folgt also die Bildung des „a“. Dabei ist der Unterkiefer gesenkt, die Zunge liegt flach auf dem Mundboden, die Mundöffnung und der Resonanzraum sind sehr groß⁵².

Das „a“ bildet nun den Ausgangspunkt zu den zu untersuchenden Konsonanten und Strecken von Vokal zu Konsonant und zurück zum Vokal. Die verschiedenen VCV-Sequenzen werden nun mit „f“, „k“, „l“, „n“, „s“, „t“ und „sch“ gebildet.

Das „f“ als stimmloser Reibelaut ist durch die eindeutige Position der Unterlippe an den Frontzähnen des Oberkiefers recht gut reproduzierbar. Außerdem besteht ein velopharyngealer und seitlicher Verschluss zu seiner Bildung⁵².

Das „k“ ist ein zweiphasiger Explosiv- und Lösungslaut und wird bei velopharyngealem Verschluss durch Anliegen des Zungenrückens am Gaumen und anschließendem Lösen des Verschlusses durch Abflachen des Zungenrückens und Entspannen der Zungenmuskulatur gebildet, wobei die Luft entweichen kann⁵².

Das „l“ als Resonanzlaut wird ebenfalls bei velopharyngealem Verschluss gesprochen. Dabei liegt die Zungenspitze an den Oberkieferfrontzähnen oder dem Alveolarfortsatz an. Durch laterale Öffnung des weichen Gaumens entweicht die Luft nach vestibulär⁵².

Als stimmhafter Nasallaut wird das „n“ von der Zungenspitze gebildet, indem der Durchgang zu Nasenrachen und Nasenhöhle offen bleibt und die Zungenspitze Kontakt zu den Oberkieferfrontzähnen und dem Alveolarfortsatz hat. Bei beidseitigem Verschluss entweicht die Luft durch den Nasenrachenraum und die Nasenhöhle⁵².

Das „s“ ist ein stimmhafter Reibelaut und wird bei velopharyngealem Verschluss dadurch gebildet, dass die Unterkieferfrontzähne sich den Oberkieferfrontzähnen annähern und die Zungenspitze sich an die Innenseite der Unterkieferfrontzähne anlegt⁵².

Schließlich wird als stimmloser Reibelaut das „sch“, ebenso durch den velopharyngealen Verschluss gekennzeichnet, dadurch gebildet, dass Oberkieferfrontzähne sich den Unterkieferfrontzähnen nähern, der Zungenrücken sich an die Mitte des Gaumens anlegt und so eine Verengung bildet. Die Zungenspitze schwebt frei⁵².

Alle untersuchten Konsonanten werden also auf unterschiedliche Weise und an unterschiedlichen Stellen in der Mundhöhle gebildet und stellen jeweils eine Grenzbewegung der Zunge innerhalb der Mundhöhle dar.

Alle anderen Distanzen (D05-D18) weisen einen p-Wert $>0,4$ auf, es besteht also diesbezüglich kein Unterschied zwischen den aufrechten und entspannten Messwerten.

Beim Vergleich der Mittelwerte, der Mediane und der Standardabweichungen von D01, D02, D03 und D04 fällt auf, dass in entspannter Position die Werte immer kleiner sind als die der aufrechten Messungen, und dass die Standardabweichungen in allen vier Distanzen ungefähr gleichgroß sind oder nur sehr geringe Differenzen aufweisen.

Das bedeutet, die aufrechten Messungen mit der größeren Strecke und den gleichen Standardabweichungen stellen den genaueren Messwert dar.

Der statistisch signifikante Unterschied kann also in Zukunft ebenso herangezogen werden, um pathologische Sprechmuster leichter zu identifizieren, wobei der Unterschied zwischen den beiden Positionen eventuell vom ermittelten Ergebnis abweichen könnte. Die bezüglich der Messgenauigkeit günstigeren Werte der aufrechten Messungen sind dabei ebenso eine Hilfe im Vergleich der gesunden mit den pathologischen Sprechmustern.

Als nächstes werden nun die Sweeps metafate und metakate aus dem Datensatz herausgenommen, da das „f“, wie erwähnt, maßgeblich von der Unterlippe und das „k“ vom Zungenrücken gebildet wird, und nun der Datensatz lediglich für die Zungenspitze untersucht werden soll.

Vergleicht man nun die aufrechten mit den entspannten Messungen in Bezug zur Zungenspitze, könnte man eigentlich erwarten, dass aufgrund der zuvor errechneten günstigen Messfehler von metafate und metakate, der Unterschied der beiden Positionen aufrecht und entspannt geringer wird, sodass eventuell der Unterschied sogar nicht mehr statistisch signifikant ist.

Vergleicht man die p-Werte der oneway-Analysen, erkennt man, dass die p-Werte der Distanzen D01, D02, D03 und D04 niedrigere Werte aufweisen als in der vorherigen Analyse einschließlich der Sweeps metafate und metakate. Jetzt weisen nicht nur D02, D03, und D04, sondern auch D01 einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden gemessenen Positionen auf.

Bei diesen oneway-Analysen ist also statistisch der gesamte, klinisch interessante Komplex vom ersten „t“ bis zum zweiten „t“ betroffen.

Die Untersuchung des Einflusses der Zungenrückenspule (Spule 3) und der Unterlippenspule (Spule 7), also der Sweeps metakate (Spule 3) und metafate (Spule 7) zeigt keinen statistisch signifikanten Unterschied der aufrechten und entspannten Körperhaltung.

Als nächstes wurde nun der Unterschied der beiden beschriebenen Positionen für jeden Sweep untersucht. Dafür wurden wieder alle Spulen, also Zungenspitze, Zungenrücken und Unterlippe in die Analyse miteinbezogen. Die Variablen sind somit jeweils gemittelt.

Die ermittelten p-Werte reichen dabei von 0,3054 des Sweeps metatate bis 0,9599 des Sweeps metafate und zeigen keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Positionen aufrecht und entspannt.

Vergleicht man die Standardabweichungen, die Mittelwerte und die Mediane der aufrechten und entspannten Messungen miteinander, kann man keine Tendenz dazu erkennen, welche der beiden Positionen in ihrer Messgenauigkeit die günstigere ist. Die Werte liegen alle sehr nahe beieinander. Bei der Hälfte der Sweeps sind die aufrechten Messungen bei ungefähr gleich bleibender Standardabweichung günstiger, bei der anderen Hälfte sind es die entspannten Messwerte.

Mittelwerte und Mediane liegen bezüglich ihrer Werte weiter auseinander, eine Normalverteilung liegt nicht vor.

4.5.2.2 Winkel

Untersucht man den Unterschied der beiden Positionen für die Winkel, so lässt sich feststellen, dass es für keinen der untersuchten Winkel einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen aufrechten und entspannten Werten gibt.

Die p-Werte befinden sich zwischen einem Wert von 0,2846 für Alpha3 und 0,9920 für Alpha6.

Bezogen auf Mittelwert, Median und Standardabweichung liegen die Messwerte im Vergleich der aufrechten und entspannten Positionen relativ nahe beieinander, sodass ungefähr bei der Hälfte der Winkel die aufrechten, bei der anderen Hälfte die entspannten Werte günstiger in Relation zur Standardabweichung liegen. Es lässt sich keine Tendenz zu einem Unterschied zwischen aufrechter und entspannter Positionen erkennen.

Ermittelt man den statistischen Unterschied der beiden Positionen bezogen auf jeden Sweep, so lässt sich feststellen, dass die p-Werte zwischen 0,6603 für den Sweep metatate und 0,9745 für den Sweep metakate liegen.

Es zeigt sich also auch hier kein statistisch signifikanter Unterschied.

Auch hier lässt sich bezogen auf die Mittelwerte, Mediane und Standardabweichungen keine Tendenz zu einem Unterschied erkennen.

4.5.3 Oneway-Analysen zur Ermittlung eines Unterschiedes zwischen Männern und Frauen

Für den Vergleich der gemessenen Werte von Männern und Frauen wurde die Ausgangstabelle für die statistische Berechnung entsprechend umgestaltet. Es wurden dabei bezüglich der Distanzen und der Winkel wieder nur die Werte weiterverwendet, die zuvor einen Messfehler der Kategorie 1-3 aufwiesen. Für die Messfehleranalyse wurde daher auch auf eine Differenzierung zwischen Männern und Frauen bezüglich des Messfehlers verzichtet, da die Berechnung für die vorliegende Studie keine Aussagekraft besitzt.

4.5.3.1 Distanzen

Im Gegensatz zum Vergleich der aufrechten und entspannten Messungen zeigen hier die Vergleiche zwischen Männern und Frauen statistisch signifikante Unterschiede in den Distanzen D06, D07 und D08.

D06 bezeichnet die Strecke vom ersten zum zweiten Vokal, also vom ersten „a“ zum zweiten „a“, also den direkten Weg als gerade Verbindung zwischen den beiden Vokalen. D07 reicht ebenso als direkte Verbindung vom ersten t-Punkt zum Konsonanten, D08 vom Konsonanten zum zweiten t-Punkt.

Alle drei Strecken sind eher horizontale Verbindungsgeraden, die den kürzesten Weg zwischen den jeweiligen Positionen beschreiben. Diese drei Distanzen liegen relativ dicht beieinander und besitzen zahlenmäßig eher den kleineren Wert als die direkten, eher vertikal gerichteten Verbindungen zwischen dem ersten t-Punkt und dem ersten Vokal (D01), dem ersten Vokal und dem Konsonanten (D02), dem Konsonanten und dem zweiten Vokal (D03) und dem zweiten Vokal und dem zweiten t-Punkt (D04).

Durch die vorgegebene Geschwindigkeit, in der die VCV-Sequenz bzw. der gesamte Satz, in den sie eingebettet ist, gesprochen wird, werden Unterschiede in den vertikal gemessenen Distanzen zwischen Männern und Frauen wahrscheinlich nicht deutlich, obwohl alleine durch die Größe der Strecke diese ei-

gentlich eher erscheinen sollten. Durch die immer gleich bleibende Geschwindigkeit unterscheiden sich die Mundöffnungsbewegungen wahrscheinlich nicht signifikant voneinander, obwohl die Mundhöhle des Mannes anatomisch meistens größer ist als die der Frau.

Die Unterschiede in den eher horizontal ausgerichteten Distanzen (D06, D07, D08) können jedoch durchaus durch unterschiedlich große Mundhöhlen verursacht werden, trotz gleich bleibender vertikaler Distanzen.

Für die vorliegende Untersuchung ist der signifikante Unterschied der Distanzen D06-D08 jedoch eher von untergeordneter Bedeutung, da D01-D04 einen Unterschied zwischen aufrechter und entspannter Position aufweisen und eventuelle Unterschiede zwischen Männern und Frauen in diesen Distanzen für die direkte Messung bedeutsamer gewesen wären und somit auch eine Konsequenz für weitere Untersuchungen bedeutet hätten.

4.5.3.2 Winkel

Bezüglich der Winkel konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen ermittelt werden.

4.5.4 Normwertdefinition

Um die Fragestellung der Normwarterstellung anschließend beantworten zu können wurde eine Tabelle erstellt, die zum besseren Überblick den Mittelwert der quadrierten Standardabweichungen, den Messfehler, den 1,96-fachen und den 2,77-fachen Messfehler nach Bland und Altman, sowie den Mittelwert der Standardabweichungen und die erstellter Kategorisierung der Messfehler enthält.

Der Überblick über die Messfehler dient dazu, die Messwerte besser beurteilen, sie miteinander vergleichen und neu aufgenommene Messwerte einordnen zu können.

Bezüglich der Diagnostik können Messwerte und Messfehler anderer Probanden untereinander oder mit denen der funktionell auffälligen pathologischen Patienten verglichen werden. Diagnosestellungen in Hinblick auf Zungenfunktionsfunktionen sollen erleichtert werden.

Die Studie kann ohne weiteres mit zusätzlichen Probanden ausgedehnt werden.

4.6 Schlussfolgerung

Schlussfolgernd ist zu sagen, dass bezogen auf die für diese Studie entscheidenden Variablen D01, D02, D03 und D04 einen statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Sitzposition besteht, wobei die günstigeren Werte, bezogen auf die Güte der Messmethode eindeutig zugunsten der aufrechten Position ausfallen. Dennoch sollten künftige Messungen nicht nur in aufrechter Position erfolgen, da eventuelle pathologische Befunde durch einen noch größeren Unterschied zwischen aufrechter und entspannter Position auffallen könnten.

Durch die Messfehleranalyse konnte gezeigt werden, dass sich die Distanzen durch günstigere Werte zur Messung besser eignen als die Winkel.

Die gemessenen Werte, die mit einem günstigen Messfehler korrelieren, sind in der Normwerttabelle der Priorität nach dargestellt und dienen dem direkten Vergleich mit neuen Messungen.

Bezüglich der Winkel ist zu sagen, dass diese sich nicht zur Diagnostik myofunktioneller Fehlfunktionen der Zunge eignen, da die Winkel insgesamt einen viel zu hohen Messfehler aufweisen. Lediglich Alpha1 und Alpha2 zeigen einen akzeptablen Messfehler. Aufgrund der sehr geringen Datenanzahl lohnt es sich jedoch nicht, die Winkel zur Diagnostik heranzuziehen.

Die Distanzen weisen im Gesamten eine vielfach bessere Diagnostikmöglichkeit auf.

Ein Unterschied zwischen Männern und Frauen konnte nur in den Distanzen D06-D08 festgestellt werden, was für künftige Messungen jedoch lediglich eine untergeordnete Rolle spielt. Die für diese Messungen bedeutenden Distanzen, D01-D04, die ja auch schon einen Unterschied in der Position aufweisen, zeigen keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Orofaziale Dyskinesien oder myofunktionelle Störungen im orofazialen Bereich bedürfen einer hinreichenden Diagnostik, damit sie frühzeitig erkannt und therapiert werden können. Die Diagnostik ist ebenso bedeutsam um bereits erreichte Therapieziele durch ein frühzeitiges Intervenieren stabilisieren und einer Verschlechterung rechtzeitig vorbeugen zu können. Das diagnostische Verfahren soll dabei möglichst einfach durchführbar sein, den Patienten möglichst wenig belasten und zeitlich in einem überschaubaren Rahmen liegen. Dennoch sollen die Ergebnisse zuverlässig sein und mit eventuell vor der Therapie durchgeführten diagnostischen Messungen einfach und hinreichend vergleichbar sein.

Besonders die Diagnostik der Zungenbewegungen birgt aufgrund der anatomischen Struktur der Zunge als rein muskulärer Körper dabei einige Schwierigkeiten, die bisher weniger befriedigende Lösungen fanden.

Die bislang gängigen Untersuchungsverfahren der Bewegungsbahnen der Zunge, besonders beim Sprechen und Schlucken, basieren weitgehend auf klinischer Inspektion, Druckmessung, Palatographie, Elektropalatographie, Ultraschallsonographie, Videoendoskopie und röntgenologischer Untersuchung.

Die Nachteile liegen dabei meist darin, dass die Untersuchungen oft nur deskriptiv sind, keine vollständigen Bewegungstrajektorien ausgewertet werden können oder die Untersuchung mit einer hohen Strahlenbelastung verbunden ist.

Die hier durchgeführte Studie basiert auf dem Prinzip der elektromagnetischen Artikulographie. Das bisher erhältliche System wurde weiterentwickelt, verschiedene Fehlerquelle eliminiert, der Messhelm leichter gestaltet und ein spezieller Helm für die Messung bei Kindern entworfen. Mit der Neuentwicklung können Langzeitaufnahmen durchgeführt werden, die bisher nicht möglich war, intraorale Bewegungsabläufe werden zeitgleich zu akustischen Sensationen aufgezeichnet und verarbeitet.

An der Studie nahmen 25 Probanden teil, die klinisch voruntersucht wurden und anamnestisch eine Reihe von Anforderungen erfüllen mussten.

Die Versuchsdurchführung bestand aus vier Teilen. Im ersten Teil mussten die Probanden zur Beurteilung der Zungenfunktion sieben verschiedene Vokal-Konsonanz-Vokal-Sequenzen sprechen, die in immer denselben Satz eingebettet waren:

„Ich habe me-t- *afa/aka/ala/ana/asa/ata/ascha/* -te gesagt“

Im zweiten Teil sprachen die Probanden ebenfalls verschiedene VCV-Sequenzen, jedoch zur Beurteilung von Lippenfunktionen beim Sprechen.

Der dritte Teil bestand im Schlucken von 10ml Wasser im Wechsel mit Leerschlucken, der vierte Teil in der Aufzeichnung einer 10 minütigen unwillkürlichen Leerschluckphase. Die Teile 2-4 werden in einer weiteren Arbeit ausgewertet.

Mit den durch die Auswertung erhaltenen Daten des ersten Teils wurde eine Messfehleranalyse durchgeführt, um die Güte der Messungen bzw. des Messsystems ermitteln zu können.

Die Messfehler wurden in die Kategorien 1-4 eingeteilt. Somit wurde eine Grenze gesetzt, ab wann die Messfehler nicht mehr akzeptabel waren. Daten, die diese Grenze überschritten, wurden aus den weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Ausgewertet wurden verschiedene Distanzen und Winkel. Bezüglich der Distanzen mussten keine Daten gelöscht werden, die Winkel wiesen jedoch unakzeptable Messfehler auf, die für weitere Auswertungen nicht benutzt werden konnten.

Die Kovarianzanalysen der Distanzen zeigen einen statistisch signifikanten Einfluss des Sweeps und der Variable. Die Position nimmt keinen signifikanten Einfluss auf das erstellte Modell.

Auch die Kovarianzanalysen der Winkel zeigen einen signifikanten Einfluss von Sweep und Variable, jedoch ebenfalls keinen statistisch signifikanten Einfluss der Position.

Oneway-Analysen zeigen in Distanzen und Winkel keinen statistisch signifikanten Einfluss der Position auf den Messfehler.

Um den Einfluss der Position auf die Bewegungsbahnen der Zunge direkt zu ermitteln wurden oneway-Analysen mit den gemessenen Werten errechnet. Es zeigte sich dabei, dass die Distanzen D01-D04 einen statistisch signifikanten

Unterschied bezüglich der Körperhaltung aufrecht und entspannt aufweisen. Diese Distanzen beschreiben genau die relevante VCV-Sequenz, eingebettet in ein „t“ zu Beginn und ein „t“ am Ende der Sequenz. Die aufrechten Messungen zeigen bezüglich des Mittelwertes, der Standardabweichung und des Medians die günstigeren Werte.

Bezüglich der Winkel besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der aufrechten und entspannten Position. Es zeigt sich auch im Vergleich der Mittelwerte, Mediane und Standardabweichungen keine Tendenz zu einer der beiden Positionen.

Die Vergleiche der Messungen zwischen Männern und Frauen zeigen keine statistisch signifikanten Unterschiede in den Distanzen D01–D04, somit kann bezüglich der Messungen dieser Distanzen das Geschlecht außer Acht gelassen werden. Die Unterschiede, die sich in den Distanzen D06–D08 zeigen, werden wahrscheinlich durch Unterschiede in der Größe der Mundhöhle verursacht, und sind für die eigentlich interessanten Messungen dieser Studie nur von untergeordneter Bedeutung.

Es lässt sich also abschließend sagen, dass die Distanzen aufgrund ihrer zuverlässigeren Messwerte und Messgüte zur Beurteilung von Zungenbewegungen besser geeignet sind als die Winkel. Weitere Aufzeichnungen können also auf die Auswertung der Distanzen beschränkt bleiben. Es sollte aufgrund der Ergebnisse der Oneway-Analysen bezüglich der Unterschiede in der Körperhaltung ein besonderes Augenmerk auf die Position gerichtet werden, da der Unterschied bei eventuell pathologischen Patienten größer oder auch kleiner sein könnte und daher zur Diagnostik auf alle Fälle ebenfalls herangezogen werden sollte.

Die Erstellung einer Normwerttabelle lässt künftig gemessene Werte gut in ein Schema einordnen und die verschiedenen Messwerte sind miteinander vergleichbar.

Therapien können mit dieser diagnostischen Methode gut überwacht werden und Zungenfehlfunktionen rechtzeitig diagnostiziert und behandelt werden.

Durch die mit dieser Studie erstellten Basisresultate ist die Grundlage für weiterführende aufbauende Untersuchungen gegeben. Eine Vergleichsstudie zwischen den hier untersuchten Probanden mit physiologischer Zungenfunktion und denen mit pathologischem Schluck- bzw. Sprechmuster wäre beispielsweise hierfür eine Möglichkeit.

Ebenfalls sollen die hier erbrachten Grundlagenkenntnisse im Zusammenspiel von Zungen- und Lippenfunktion beim Sprechen und Schlucken mehr Klarheit über die Abgrenzung zwischen physiologischen und pathologischen Abläufen im orofazialen System bringen.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. **Ackermann H. Hertrich I. Scharf G.** Kinematic analysis of lower lip movements in ataxic dysarthria. *J Speech Hear Res* 1995;38:1252-1259
2. **Bland J.M. Altman D. G.** Statistics Notes: Measurement error. *BMJ* 1996;313:744-746
3. **Böckler R. Wein B. Klajmann S.** Ultraschalluntersuchung der aktiven und passiven Beweglichkeit der Zunge. *Folia Phoniatr* 1989;41:277-282
4. **Cayley A.S. Tindall A. P. Sampson W. J. Butcher A. R.** Elektropalatographic and cephalometric assessment of tongue funktion in open bite and non- open bite subjects. *Eur J Orthod* 2000;22:463-474
5. **Chiang Y.C. Lee F. P. Peng C. L. Lin C. T.** Measurement of tongue movement during vowels production with computer-assisted B-mode and M-mode ultrasonography. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003;128(6);805-814
6. **Connor N.P. Abbs J.H. Coole K.J. Gracco V.L.** Parkinsonian deficits in serial multiarticulate movements for speech. *Brain* 1989;112:997-1009
7. **de Mayo T. Miralles R. Barrero D. Bulbao A. Carvajal D. Valenzuela S. Ormento G.** Breathing type and body position effects on sternocleidomastoid suprahyoid EMG activity. *J Oral Rehabil* 2005;32:487-494
8. **Ekberg O. Hillarp B.** Radiologic evaluation of the oral stage of swallowing. *Acta Radiol Diagn* 1986;27(5):533-537
9. **Engelke W. Engelke D. Schwestka R.** Zur klinischen und instrumentellen Untersuchung motorischer Zungenfunktionen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1990;45:11-16
10. **Engelke W. Hoch G.** Simultane elektromagnetische Artikulographie und Videoendoskopie. Ein kasuistischer Beitrag zur objektiven Diagnostik des velopharyngealen Sphinkters. *Fortschr Kieferorthop* 1994;55 (6):297-303
11. **Engelke W. Müller C. Petersen C.** Elektromagnetische Untersuchungen zur Physiologie oropharyngealer Schluckbewegungen. *Sprache Stimme Gehör* 1995;19:105-113

12. **Engelke W. Schönle P. W.** Elektromagnetische Artikulographie: Eine neue Methode zur Untersuchung von Bewegungsfunktionen des Gaumensegels. *Folia Phoniatr* 2005;43 (3):147-152
13. **Engelke W. Schönle P. W. Kring R. A. Richter C.** Zur Untersuchung orofazialer Bewegungsfunktionen mit der elektromagnetischen Articulographie. *Dtsch Zahnarztl Z* 1989;44:618-622
14. **Engelke W. Schönle P. W. Schwarzwälder W.** Untersuchung zur Motorik der Zungenspitze bei der Bildung dentoalveolärer Konsonanten. *Folia Phoniatr* 1991;43:105-114
15. **Fletcher J.** An EMA/EMG study of vowel-to-vowel articulation across velars in Southern British English. *Clin Linguist Phon* 2004;18 (6-8):577-592
16. **Forrest K. Weismer G. Turner G. S.** Kinematic, acoustic and perceptual analyses of connected speech produced by Parkinsonian and normal geriatric adults. *J Acoust Soc Am* 1989;85:2608-2622
17. **Fuhrmann R. Diedrich P.** Videogestützte dynamische B-mode-sonographie der Zungenfunktion während des Schluckens. *Fortschr Kieferorthop* 1993;54:17-26
18. **Garliner D.** Myofunktionelle Therapie in der Praxis. *Verlag medizinisches Schriftentum*, München 1972
19. **Goozee J.V. Lapointe L. L. Murdoch B. E.** Effects of speaking rate on EMA-derived lingual kinematics: a preliminary investigation. *Clin Linguist Phon* 2003;17(4-5):375-381
20. **Grunert I.** Die Auswirkungen myofunktioneller Störungen auf die Okklusion nach Progenieoperationen. *Z Stomatol* 1989;86:451-461
21. **Hahn V.** Prävention und Frühbehandlung orofazialen Dyskinesien. *Spitta Verlag GmbH & Co.KG* 2004;6
22. **Hardcastle W.J. Gibbon F.E. Jones W.** Visual display of tongue-palate contact: elektropalatographie in the assessment and remediation of speech disorders. *Br J Disord Commun* 1991;26(1):41-74
23. **Hirose H.** Pathophysiology of motor speech disorders (dysarthria). *Folia Phoniatr* 1986;38:61-88

24. **Hirschfelder U. Hirschfelder H.** Die Halswirbelsäule im Fernröntgenbild aus orthopädischer Sicht. *Fortschr Kieferorthop* 1982;43:52-56
25. **Hirschfelder U. Hirschfelder H.** Veränderungen der oberen Halswirbelsäule bei Patienten des progenen Formenkreises. *Dtsch Zahnärztl Z* 1982;37:692-697
26. **Hirschfelder U. Hirschfelder H.** Auswirkung der Skoliose auf den Gesichtsschädel. *Fortschr Kieferorthop* 1983;44:457-467
27. **Hirschfelder U. Hirschfelder H.** Sagittale Kieferrelation und Wirbelsäulenhaltung: Untersuchung zur Frage einer Abhängigkeit. *Fortschr Kieferorthop* 1987;48:436-448
28. **Hirschfelder U. Hirschfelder H.** Untersuchung zur Kopfhaltung im Fernröntgenseitenbild. *Fortschr Kieferorthop* 1991;52:302-309
29. **Hoole P. Gfroerer S. Tillmann H. H.** Electromagnetic articulography as a tool in the study of lingual coarticulation. *Forschungsber. D. Inst. F. Phonetik u. sprachl. Kommunik. der Univ. München (FIPKM)* 1990;28:107-122
30. **Horn H. Göz G. Bacher M. Luther J. Axmann-Krcmar D.** Untersuchungen über den Einfluss einer Zungenfehlfunktion auf die Variabilität der Sprechbewegung mittels elektromagnetischer Artikulographie. In: M. Gross (Hrsg.). *Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte Band 5* 1997
31. **Horn H. Göz G. Bacher M. Luther J. Axmann-Krcmar D.** Variability of tongue during normal swallowing and tongue thrust. *Eur J Orthod* 1997;
32. **Horn H. Göz G. Bacher M. Luther J. Axmann-Krcmar D.** Vergleich der Variabilität der Schluckbewegung zwischen somatischem und viszeralem Schlucken mit Hilfe der elektromagnetischer Artikulographie In: M. Gross (Hrsg.). *Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte Band 5* 1997
33. **Horn H. Göz G. Bacher M. Müllauer M. Kretschmer I. Axmann-Krcmar D.** Reliability of Electromagnetic Articulatory Recording During Speaking Sequences. *Eur J Orthod* 1997;19:647-655
34. **Horn H. Göz G. Bacher M. Müllauer M. Kretschmer I. Axmann-Krcmar D.** Reliability of Electromagnetic Articulatory Records During Vowel-Consonant-Vowel Sequences. *Forschungsber. D. Inst. F. Phonetik u. sprachl. Kommunik. der Univ. München (FIPKM)* 1997

35. **Horn H. Ackermann H.** Arbeitsbericht zur Neuentwicklung eines Artikulographen, Projekt-Nr. F. 1365029. 1997;
36. **Imai A. Tanaka M. Tatsuta M. Kawazoe T.** Ultrasonographic images of tongue movement during mastication. *J Osaka Dent Univ* 1995;29(2):61-69
37. **Kawashima S. Takahashi Y. Niikuni N. Kanazawa K. Nakajima I. Akasaka M. Arai Y. Hashimoto K. Shinoda K.** Development of X-ray TV m-mode and reconstructed ultrasound m-mode methods for investigating tongue movement during swallowing in humans. *J Oral Sci* 1999;41:1-4
38. **Kretschmer I.M.** Untersuchungen zur Analyse von Sprech- und Schluckbewegungen mit Hilfe der elektromagnetischen Artikulographie. *med. Dissertation, Univ. Tübingen* 1996
39. **Kritiani S.H. Itho K. Fujimura O.** Tongue-Pellet Tracking by Computer-Controlled X-Ray Microbeam System. *J Acoust Soc Am* 1975;57:1516-1520
40. **Leitgeb N.** Analyse epidemiologischer Studien über magnetfeldbedingte Krebsrisiken. *Biomed Technik* 1993;38:111-116
41. **Loose R. Hamdy S. Enck P.** Magnetoencephalographic response characteristics associated with tongue movement. *Dysphagia* 2001;16(3):183-185
42. **Luther C.J.** Funktionelle Besonderheiten beim unreifen Schluckakt. *med. Dissertation, Univ. Tübingen* 1999
43. **Mack F.** Untersuchungen zur Funktion der Zunge. *Zahnmedizin. Dissertation., Berlin* 1993
44. **Mack F.** Funktionsdiagnostik der Zunge, der Lippe und der Wange. *Urban & Schwarzenberg, Lehrbuch, Atlas der zahnärztlichen Funktionsdiagnostik (Götz K. Siebert);*1995;153-165
45. **Miralles R. Gutierrez C. Zucchini G. Cavada G. Caravajal R. Valenzuelas S. Palazzi C.** Body position and jaw posture effects on supra- and infrahyoid electromyographic activity in humans. *Cranio* 2006;24:98-103
46. **Moll K.** Cinefluorographic Technics in Speech Research. *J Speech Res* 1960;5:227-241

47. **Müllauer M.O.F.** Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit von Sprechbewegungen mit Hilfe der elektromagnetischen Artikulographie. *med. Dissertation, Univ. Tübingen* 1996
48. **Müller C.** Analyse der Zungenkinetik beim Schlucken mit Hilfe der elektromagnetischen Artikulographie. *Med. Dissertation, Univ. Göttingen* 1997
49. **Perinetti G.** Dental occlusion and body posture: No detectable correlation. *Gait Posture* doi:10.1016/j.gaitpost.2005.07.012
50. **Recasens D.** An EMA study of VCV coarticulatory directions. *J Acoust Soc Am* 2002;111(6):2828-2841
51. **Schönle P.W. Gräbe K. Wenig P. Höhne J.** Electromagnetic Articulography: Use of Alternating Magnetic Fields for tracking Movements of multiple Points inside and outside the vocal tract. *Brain Lang* 1987;31:26-35
52. **Schwarz C.** Systematische Logopädie. *Verlag Hans Huber, Bern* 1985
53. **Schweska-Polly R. Engelke W. Engelke D.** The importance of electromagnetic articulography in studying tongue motor funktion in the framework of an orthodontic diagnosis. *Fortschr Kieferorthop* 1992;53:3-10
54. **Schweska-Polly R. Engelke W. Hoch G.** EMA as a method for detecting the influence of spikes on tongue movement. *Eur J Orthod.* 1995;17:411-417
55. **Shawker T.H. Sonies B. Stone M. Baum B.J.** Real-time ultrasound visualization of tongue movement during swallowing. *J Clin Ultrasound* 1983;11:85-98
56. **Shawker T.H. Sonies B. Hall T. Baum B.J.** Ultrasound Analysis of tongue, Hyoid and Larynx Activity during swallowing. *Invest Radiol* 1984;19:82-86
57. **Steegmayer G.** Stabilität kieferorthopädischer Behandlungsergebnisse. *Fortschr Kieferorthop* 1991;52:176-182
58. **Stone M.** Towards a model of three-dimensional tongue movements. *J. Phonetics* 1991;19:309-320
59. **Subtelny J. D.** Malocclusions, orthodontic corrections and orofacial muscle adaptation. *Angle Orthod* 1970;3:170-201

60. **Subtelny J. D. Subtelny J.** Oral habits - Studies in form, function and therapy. *Angle Orthod* 1973;43:347-383
61. **Takahashi S. Ono T. Ishiwata Y. Kuroda T.** Breathing modes, body positions, and suprahyoid muscle activity. *J Orthod* 2002;29:307-313
62. **Tränkmann J.** Orofaziale Dyskinesien. *Zahnärztl Prax* 1982;33:474-484
63. **Tripodakis A.P. Smulow J. B. Mehta N. R. Clark R. E.** Clinical study of location and reproducibility of three mandibular positions in relation to body posture and muscle functions. *J Prosthet Dent* 1995;73:190-198
64. **Tuller B. Shao S. Scott J. A.** An evaluation of an alternating magneticfield device for monitoring tongue movements. *J Acoust Soc Am* 1990;88:674-679
65. **Veis S.L. Logemann J. A.** Swallowing disorders in person with cerebrovascular accident. *Arch Phys Med Rehabil* 1988;66:372-375
66. **Wein B. Angerstein W. Klajmann S. Zimmermann R.** Zungensonographie und Druckmessungen beim Säuglingssaugen. *Klin Pädiatr* 1993;205:103-106
67. **Wein B. Klajmann S. Huber W. Döring W. H.** Ultraschalluntersuchung von Koordinationsstörungen der Zungenbewegung beim Schlucken. *Nervenarzt* 1988;59:154-158

7. DANKSAGUNG

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. Göz für die freundliche Überlassung des interessanten Themas.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Hansjörg Horn für die überaus gute Betreuung, für die hilfreichen Tipps bei der Durchführung der Versuche und der Auswertung der Daten sowie für die kreativen Diskussionen und das mir entgegen gebrachte Vertrauen.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Diplomphysiker Edgar Schaupp, der die hervorragende Betreuung bei der Durchführung der Versuche übernahm, ebenso gilt mein Dank Herrn Dr. Detlef Axmann für die statistische Unterstützung.

Mein Dank gebührt ebenso Herrn Bernd Koos für die technische und kreative Unterstützung bei der Datenauswertung und Frau Evelyn Viehweger für die gemeinsame Durchführung der Messungen.

Weiterhin möchte ich mich bei meinem Freund Andreas sowie bei meinen Eltern herzlich für die moralische Unterstützung und besonders bei meiner Mutter für das Korrekturlesen der Arbeit bedanken.

Ebenso möchte ich allen Probanden für ihre Bereitschaft und Geduld während der teilweise länger andauernden Messungen meinen herzlichen Dank aussprechen.

8. ANHANG

8.1 Tabelle aller Messfehler der Distanzen kategorisiert mit Sternen und sortiert nach Sternen, Variablen und Sweep

Sweep	Variablen	Position	N-Rows	Mean(Std DevWerte ²)	Mean(Mean)	Messfehler	1,96*Messfehler	2,77*Messfehler	Messfehler*1,96= 1,5(***)/=3(***)/=4,5(*)
Metalate	D01	aufrecht	25	2,64	11,14	1,62	3,18	4,50	*
Metanate	D01	aufrecht	25	2,36	10,20	1,54	3,01	4,25	*
Metalate	D02	aufrecht	25	3,43	11,86	1,85	3,63	5,13	*
Metalate	D02	entspannt	25	3,23	11,40	1,80	3,52	4,98	*
Metanate	D02	aufrecht	25	2,61	10,40	1,62	3,17	4,48	*
Metanate	D02	entspannt	25	2,64	9,61	1,63	3,19	4,50	*
Metasate	D02	entspannt	25	2,37	7,73	1,54	3,02	4,26	*
Metatate	D02	entspannt	25	2,43	8,75	1,56	3,06	4,32	*
Metalate	D03	aufrecht	25	3,42	7,39	1,85	3,63	5,13	*
Metalate	D03	entspannt	25	3,09	6,79	1,76	3,44	4,87	*
Metanate	D03	aufrecht	25	2,58	6,03	1,61	3,15	4,45	*
Metaschate	D05	entspannt	25	2,39	2,39	1,55	3,03	4,28	*
Metalate	D06	aufrecht	25	2,52	5,48	1,59	3,11	4,40	*
Metalate	D06	entspannt	25	2,98	5,41	1,73	3,39	4,78	*
Metanate	D06	aufrecht	25	2,38	5,03	1,54	3,02	4,27	*
Metanate	D06	entspannt	25	2,70	5,04	1,64	3,22	4,55	*
Metaschate	D06	entspannt	25	2,65	6,55	1,63	3,19	4,51	*
Metalate	D07	aufrecht	25	4,73	4,24	2,18	4,26	6,03	*
Metalate	D07	entspannt	25	3,40	4,14	1,84	3,62	5,11	*
Metanate	D07	aufrecht	25	3,35	3,12	1,83	3,59	5,07	*
Metanate	D07	entspannt	25	2,98	2,87	1,73	3,38	4,78	*
Metaschate	D07	aufrecht	25	2,40	5,07	1,55	3,04	4,29	*
Metaschate	D07	entspannt	25	2,53	4,92	1,59	3,12	4,40	*
Metalate	D08	aufrecht	25	3,90	4,08	1,98	3,87	5,47	*
Metalate	D08	entspannt	25	3,07	3,97	1,75	3,44	4,86	*
Metanate	D08	aufrecht	25	2,99	2,78	1,73	3,39	4,79	*
Metanate	D08	entspannt	25	2,35	2,70	1,53	3,01	4,25	*
Metaschate	D08	aufrecht	25	2,60	4,05	1,61	3,16	4,47	*
Metaschate	D09	entspannt	25	2,60	8,04	1,61	3,16	4,47	*
Metanate	D10	entspannt	25	3,09	-8,19	1,76	3,44	4,87	*
Metalate	D12	aufrecht	25	2,44	-17,01	1,56	3,06	4,33	*
Metalate	D12	entspannt	25	2,79	-16,88	1,67	3,28	4,63	*
Metanate	D12	entspannt	25	3,11	-16,05	1,76	3,46	4,89	*

ANHANG

Metatate	D12	entspannt	25	2,63	-15,24	1,62	3,18	4,49	*
Metalate	D13	aufrecht	25	3,96	10,54	1,99	3,90	5,51	*
Metalate	D13	entspannt	25	3,00	10,48	1,73	3,39	4,80	*
Metanate	D13	aufrecht	25	3,85	9,51	1,96	3,84	5,43	*
Metanate	D13	entspannt	25	3,01	9,37	1,74	3,40	4,81	*
Metatate	D13	aufrecht	25	2,50	9,35	1,58	3,10	4,38	*
Metalate	D14	aufrecht	25	2,66	-5,91	1,63	3,20	4,52	*
Metalate	D14	entspannt	25	2,68	-6,08	1,64	3,21	4,54	*
Metanate	D14	aufrecht	25	2,36	-6,94	1,54	3,01	4,26	*
Metanate	D14	entspannt	25	3,54	-7,41	1,88	3,69	5,21	*
Metaschate	D14	entspannt	25	2,64	-6,62	1,62	3,18	4,50	*
Metakate	D15	entspannt	25	2,49	36,86	1,58	3,09	4,37	*
Metalate	D16	aufrecht	25	2,64	-12,82	1,63	3,19	4,50	*
Metalate	D16	entspannt	25	2,66	-12,49	1,63	3,19	4,51	*
Metanate	D16	entspannt	25	3,87	-12,14	1,97	3,86	5,45	*
Metaschate	D16	entspannt	25	2,90	-9,91	1,70	3,34	4,72	*
Metafate	D01	aufrecht	25	0,72	3,59	0,85	1,66	2,35	**
Metafate	D01	entspannt	25	0,92	3,37	0,96	1,88	2,66	**
Metakate	D01	aufrecht	25	0,93	4,88	0,96	1,89	2,67	**
Metakate	D01	entspannt	25	0,91	4,57	0,96	1,87	2,65	**
Metalate	D01	entspannt	25	2,32	10,43	1,52	2,98	4,22	**
Metanate	D01	entspannt	25	2,19	9,39	1,48	2,90	4,10	**
Metasate	D01	aufrecht	25	1,94	10,51	1,39	2,73	3,86	**
Metasate	D01	entspannt	25	2,02	9,47	1,42	2,79	3,94	**
Metaschate	D01	aufrecht	25	1,65	10,43	1,29	2,52	3,56	**
Metaschate	D01	entspannt	25	1,81	9,95	1,35	2,64	3,73	**
Metatate	D01	aufrecht	25	1,28	9,95	1,13	2,22	3,14	**
Metatate	D01	entspannt	25	2,21	8,74	1,49	2,91	4,12	**
Metafate	D02	aufrecht	25	1,21	9,84	1,10	2,16	3,05	**
Metafate	D02	entspannt	25	1,53	10,23	1,24	2,43	3,43	**
Metakate	D02	aufrecht	25	1,12	8,66	1,06	2,07	2,93	**
Metakate	D02	entspannt	25	1,29	8,04	1,14	2,23	3,15	**
Metasate	D02	aufrecht	25	1,72	8,52	1,31	2,57	3,63	**
Metaschate	D02	aufrecht	25	2,08	10,64	1,44	2,83	3,99	**
Metaschate	D02	entspannt	25	2,34	9,83	1,53	3,00	4,24	**
Metatate	D02	aufrecht	25	1,71	9,91	1,31	2,56	3,62	**
Metafate	D03	aufrecht	25	1,06	6,73	1,03	2,02	2,86	**
Metafate	D03	entspannt	25	2,01	7,32	1,42	2,78	3,93	**
Metakate	D03	aufrecht	25	1,15	5,86	1,07	2,11	2,98	**
Metakate	D03	entspannt	25	1,65	5,51	1,28	2,52	3,56	**
Metanate	D03	entspannt	25	1,79	5,23	1,34	2,62	3,70	**
Metasate	D03	aufrecht	25	0,99	3,40	0,99	1,95	2,75	**
Metasate	D03	entspannt	25	1,04	3,04	1,02	2,00	2,83	**
Metaschate	D03	aufrecht	25	1,39	4,39	1,18	2,31	3,26	**
Metaschate	D03	entspannt	25	1,39	3,72	1,18	2,31	3,27	**
Metatate	D03	aufrecht	25	1,47	6,11	1,21	2,38	3,36	**
Metatate	D03	entspannt	25	1,47	5,00	1,21	2,38	3,36	**
Metakate	D04	aufrecht	25	1,95	3,22	1,40	2,74	3,87	**

ANHANG

Metakate	D04	entspannt	25	1,60	2,59	1,27	2,48	3,51	**
Metalate	D04	aufrecht	25	1,88	6,46	1,37	2,69	3,80	**
Metalate	D04	entspannt	25	1,30	5,62	1,14	2,23	3,16	**
Metanate	D04	aufrecht	25	1,91	5,64	1,38	2,71	3,83	**
Metanate	D04	entspannt	25	1,50	4,86	1,22	2,40	3,39	**
Metasate	D04	aufrecht	25	1,52	5,42	1,23	2,41	3,41	**
Metasate	D04	entspannt	25	1,29	4,40	1,13	2,22	3,14	**
Metaschate	D04	aufrecht	25	1,50	5,71	1,22	2,40	3,39	**
Metaschate	D04	entspannt	25	1,29	5,11	1,14	2,23	3,15	**
Metatate	D04	aufrecht	25	1,50	5,86	1,22	2,40	3,39	**
Metatate	D04	entspannt	25	1,49	4,64	1,22	2,39	3,38	**
Metafate	D05	entspannt	25	0,73	1,47	0,86	1,68	2,37	**
Metakate	D05	aufrecht	25	1,50	2,47	1,23	2,40	3,39	**
Metakate	D05	entspannt	25	1,08	2,38	1,04	2,03	2,87	**
Metalate	D05	aufrecht	25	1,73	2,11	1,32	2,58	3,65	**
Metalate	D05	entspannt	25	1,44	1,84	1,20	2,35	3,32	**
Metanate	D05	aufrecht	25	1,64	2,08	1,28	2,51	3,55	**
Metanate	D05	entspannt	25	2,18	2,11	1,48	2,89	4,09	**
Metasate	D05	aufrecht	25	1,94	2,16	1,39	2,73	3,86	**
Metasate	D05	entspannt	25	1,96	2,16	1,40	2,75	3,88	**
Metaschate	D05	aufrecht	25	1,80	2,35	1,34	2,63	3,72	**
Metatate	D05	aufrecht	25	2,01	2,19	1,42	2,78	3,93	**
Metatate	D05	entspannt	25	1,77	2,05	1,33	2,61	3,69	**
Metafate	D06	aufrecht	25	0,89	3,39	0,94	1,85	2,62	**
Metafate	D06	entspannt	25	1,86	3,31	1,36	2,67	3,78	**
Metakate	D06	aufrecht	25	1,14	3,83	1,07	2,09	2,96	**
Metakate	D06	entspannt	25	1,17	3,98	1,08	2,12	3,00	**
Metasate	D06	aufrecht	25	1,23	5,32	1,11	2,18	3,08	**
Metasate	D06	entspannt	25	1,48	4,94	1,22	2,38	3,37	**
Metaschate	D06	aufrecht	25	2,26	6,59	1,50	2,95	4,17	**
Metatate	D06	aufrecht	25	2,07	4,21	1,44	2,82	3,98	**
Metatate	D06	entspannt	25	1,83	4,16	1,35	2,65	3,75	**
Metafate	D07	aufrecht	25	0,76	6,47	0,87	1,71	2,42	**
Metafate	D07	entspannt	25	1,25	7,11	1,12	2,19	3,09	**
Metakate	D07	aufrecht	25	1,51	7,15	1,23	2,41	3,41	**
Metakate	D07	entspannt	25	1,85	6,85	1,36	2,66	3,76	**
Metasate	D07	aufrecht	25	2,03	3,28	1,42	2,79	3,94	**
Metasate	D07	entspannt	25	2,06	3,26	1,44	2,81	3,98	**
Metatate	D07	aufrecht	25	2,20	2,54	1,48	2,91	4,11	**
Metatate	D07	entspannt	25	1,98	2,26	1,41	2,76	3,90	**
Metafate	D08	aufrecht	25	0,77	5,82	0,88	1,72	2,43	**
Metafate	D08	entspannt	25	1,41	6,51	1,19	2,33	3,29	**
Metakate	D08	aufrecht	25	1,29	5,90	1,14	2,23	3,15	**
Metakate	D08	entspannt	25	1,78	5,91	1,33	2,61	3,69	**
Metasate	D08	aufrecht	25	1,59	3,10	1,26	2,47	3,49	**
Metasate	D08	entspannt	25	1,60	2,81	1,26	2,48	3,50	**
Metaschate	D08	entspannt	25	1,64	4,05	1,28	2,51	3,55	**
Metatate	D08	aufrecht	25	1,88	1,94	1,37	2,69	3,80	**
Metatate	D08	entspannt	25	1,20	1,81	1,10	2,15	3,04	**

ANHANG

Metakate	D09	aufrecht	25	1,25	34,42	1,12	2,19	3,10	**
Metakate	D09	entspannt	25	1,26	34,67	1,12	2,20	3,10	**
Metalate	D09	aufrecht	25	1,42	8,00	1,19	2,33	3,30	**
Metalate	D09	entspannt	25	1,49	7,75	1,22	2,39	3,38	**
Metanate	D09	aufrecht	25	1,85	7,86	1,36	2,66	3,76	**
Metanate	D09	entspannt	25	1,78	7,93	1,33	2,62	3,70	**
Metasate	D09	aufrecht	25	1,82	7,95	1,35	2,65	3,74	**
Metasate	D09	entspannt	25	1,14	7,73	1,07	2,09	2,95	**
Metaschate	D09	aufrecht	25	1,50	7,50	1,23	2,40	3,40	**
Metatate	D09	aufrecht	25	1,76	8,16	1,33	2,60	3,67	**
Metatate	D09	entspannt	25	1,46	8,09	1,21	2,37	3,34	**
Metafate	D10	entspannt	25	0,86	-24,60	0,93	1,82	2,57	**
Metakate	D10	aufrecht	25	1,11	-0,08	1,06	2,07	2,92	**
Metakate	D10	entspannt	25	1,20	0,25	1,10	2,15	3,03	**
Metalate	D10	aufrecht	25	1,50	-7,60	1,22	2,40	3,39	**
Metalate	D10	entspannt	25	1,38	-7,88	1,17	2,30	3,25	**
Metanate	D10	aufrecht	25	1,34	-7,77	1,16	2,27	3,21	**
Metasate	D10	aufrecht	25	2,24	-7,76	1,50	2,93	4,14	**
Metasate	D10	entspannt	25	1,65	-8,45	1,29	2,52	3,56	**
Metaschate	D10	aufrecht	25	1,71	-8,32	1,31	2,57	3,63	**
Metaschate	D10	entspannt	25	1,96	-7,65	1,40	2,74	3,88	**
Metatate	D10	aufrecht	25	1,74	-7,11	1,32	2,59	3,66	**
Metatate	D10	entspannt	25	1,92	-7,91	1,39	2,72	3,84	**
Metakate	D11	aufrecht	25	1,35	37,63	1,16	2,28	3,22	**
Metakate	D11	entspannt	25	1,78	37,57	1,33	2,62	3,70	**
Metalate	D11	aufrecht	25	1,73	13,36	1,32	2,58	3,65	**
Metalate	D11	entspannt	25	1,48	12,45	1,22	2,39	3,37	**
Metanate	D11	aufrecht	25	1,75	12,66	1,32	2,59	3,66	**
Metanate	D11	entspannt	25	1,50	12,54	1,23	2,40	3,39	**
Metasate	D11	aufrecht	25	1,39	12,48	1,18	2,31	3,27	**
Metasate	D11	entspannt	25	1,19	11,77	1,09	2,13	3,02	**
Metaschate	D11	aufrecht	25	1,05	12,74	1,03	2,01	2,85	**
Metaschate	D11	entspannt	25	1,48	12,85	1,22	2,38	3,37	**
Metatate	D11	aufrecht	25	1,30	12,99	1,14	2,24	3,16	**
Metatate	D11	entspannt	25	1,44	12,36	1,20	2,35	3,33	**
Metafate	D12	aufrecht	25	0,98	-27,47	0,99	1,94	2,74	**
Metafate	D12	entspannt	25	1,14	-27,67	1,07	2,09	2,96	**
Metakate	D12	aufrecht	25	1,05	-3,52	1,03	2,01	2,84	**
Metakate	D12	entspannt	25	1,09	-2,98	1,04	2,05	2,89	**
Metanate	D12	aufrecht	25	2,21	-16,44	1,49	2,91	4,12	**
Metasate	D12	aufrecht	25	1,56	-16,97	1,25	2,45	3,46	**
Metasate	D12	entspannt	25	2,28	-16,70	1,51	2,96	4,19	**
Metaschate	D12	aufrecht	25	1,93	-17,03	1,39	2,72	3,84	**
Metaschate	D12	entspannt	25	2,15	-15,99	1,47	2,87	4,06	**
Metatate	D12	aufrecht	25	1,86	-15,52	1,36	2,67	3,77	**
Metakate	D13	aufrecht	25	1,32	38,39	1,15	2,25	3,18	**
Metakate	D13	entspannt	25	1,96	38,37	1,40	2,75	3,88	**
Metasate	D13	aufrecht	25	1,06	8,08	1,03	2,02	2,85	**
Metasate	D13	entspannt	25	1,67	7,67	1,29	2,54	3,58	**

ANHANG

Metaschate	D13	aufrecht	25	1,32	11,56	1,15	2,26	3,19	**
Metaschate	D13	entspannt	25	1,60	11,83	1,27	2,48	3,51	**
Metatate	D13	entspannt	25	1,86	8,93	1,36	2,67	3,77	**
Metasate	D14	aufrecht	25	0,96	-10,00	0,98	1,92	2,72	**
Metasate	D14	entspannt	25	1,44	-10,29	1,20	2,36	3,33	**
Metaschate	D14	aufrecht	25	1,71	-6,91	1,31	2,57	3,63	**
Metatate	D14	aufrecht	25	1,46	-6,69	1,21	2,37	3,35	**
Metatate	D14	entspannt	25	1,54	-7,61	1,24	2,43	3,44	**
Metakate	D15	aufrecht	25	2,08	37,42	1,44	2,83	4,00	**
Metalate	D15	aufrecht	25	1,59	10,64	1,26	2,47	3,49	**
Metalate	D15	entspannt	25	1,19	9,97	1,09	2,13	3,02	**
Metanate	D15	aufrecht	25	1,96	10,29	1,40	2,75	3,88	**
Metanate	D15	entspannt	25	2,10	10,07	1,45	2,84	4,02	**
Metasate	D15	aufrecht	25	0,78	9,90	0,89	1,74	2,45	**
Metasate	D15	entspannt	25	0,80	9,32	0,90	1,76	2,48	**
Metaschate	D15	aufrecht	25	1,13	12,28	1,06	2,08	2,94	**
Metaschate	D15	entspannt	25	1,57	12,09	1,25	2,46	3,47	**
Metatate	D15	aufrecht	25	0,98	11,16	0,99	1,94	2,74	**
Metatate	D15	entspannt	25	1,31	10,57	1,14	2,24	3,17	**
Metafate	D16	aufrecht	25	0,95	-24,35	0,97	1,91	2,70	**
Metafate	D16	entspannt	25	1,26	-24,80	1,12	2,20	3,11	**
Metakate	D16	aufrecht	25	0,86	-0,60	0,93	1,82	2,57	**
Metakate	D16	entspannt	25	1,34	-0,21	1,16	2,27	3,20	**
Metanate	D16	aufrecht	25	2,28	-12,47	1,51	2,96	4,18	**
Metasate	D16	aufrecht	25	1,23	-12,68	1,11	2,17	3,07	**
Metasate	D16	entspannt	25	1,26	-12,64	1,12	2,20	3,11	**
Metaschate	D16	aufrecht	25	2,22	-10,88	1,49	2,92	4,13	**
Metatate	D16	aufrecht	25	2,03	-12,08	1,42	2,79	3,95	**
Metatate	D16	entspannt	25	1,85	-11,90	1,36	2,67	3,77	**
Metakate	D17	aufrecht	25	1,36	34,97	1,17	2,28	3,23	**
Metakate	D17	entspannt	25	1,32	34,95	1,15	2,25	3,18	**
Metalate	D17	aufrecht	25	1,21	7,89	1,10	2,15	3,04	**
Metalate	D17	entspannt	25	0,92	7,83	0,96	1,88	2,66	**
Metanate	D17	aufrecht	25	1,81	7,83	1,35	2,64	3,73	**
Metanate	D17	entspannt	25	1,75	7,92	1,32	2,60	3,67	**
Metasate	D17	aufrecht	25	1,61	8,09	1,27	2,49	3,52	**
Metasate	D17	entspannt	25	1,01	8,08	1,00	1,97	2,78	**
Metaschate	D17	aufrecht	25	1,93	8,27	1,39	2,72	3,84	**
Metaschate	D17	entspannt	25	1,69	8,64	1,30	2,55	3,60	**
Metatate	D17	aufrecht	25	1,30	8,49	1,14	2,24	3,16	**
Metatate	D17	entspannt	25	0,97	8,34	0,99	1,94	2,74	**
Metafate	D18	aufrecht	25	0,68	-23,47	0,82	1,61	2,28	**
Metafate	D18	entspannt	25	0,95	-24,00	0,97	1,91	2,69	**
Metakate	D18	aufrecht	25	0,98	1,04	0,99	1,94	2,74	**
Metakate	D18	entspannt	25	1,19	1,03	1,09	2,14	3,02	**
Metalate	D18	aufrecht	25	1,42	-7,59	1,19	2,34	3,30	**
Metalate	D18	entspannt	25	1,43	-8,10	1,19	2,34	3,31	**
Metanate	D18	aufrecht	25	1,51	-7,83	1,23	2,41	3,41	**
Metanate	D18	entspannt	25	2,08	-8,21	1,44	2,82	3,99	**

ANHANG

Metasate	D18	aufrecht	25	1,60	-7,97	1,27	2,48	3,51	**
Metasate	D18	entspannt	25	1,50	-8,84	1,22	2,40	3,39	**
Metaschate	D18	aufrecht	25	1,76	-7,76	1,33	2,60	3,67	**
Metaschate	D18	entspannt	25	2,25	-7,31	1,50	2,94	4,16	**
Metatate	D18	aufrecht	25	1,66	-7,16	1,29	2,52	3,57	**
Metatate	D18	entspannt	25	1,13	-8,19	1,06	2,08	2,94	**
Metafate	D04	aufrecht	25	0,45	1,30	0,67	1,31	1,85	***
Metafate	D04	entspannt	25	0,52	1,25	0,72	1,41	1,99	***
Metafate	D05	aufrecht	25	0,53	1,52	0,73	1,42	2,01	***
Metafate	D09	aufrecht	25	0,45	-10,38	0,67	1,32	1,86	***
Metafate	D09	entspannt	25	0,51	-10,47	0,72	1,41	1,99	***
Metafate	D10	aufrecht	25	0,58	-24,15	0,76	1,50	2,12	***
Metafate	D11	aufrecht	25	0,39	-9,33	0,63	1,23	1,74	***
Metafate	D11	entspannt	25	0,50	-9,56	0,71	1,39	1,96	***
Metafate	D13	aufrecht	25	0,27	-10,79	0,52	1,02	1,44	***
Metafate	D13	entspannt	25	0,26	-11,00	0,51	1,01	1,42	***
Metafate	D14	aufrecht	25	0,36	-17,85	0,60	1,18	1,67	***
Metafate	D14	entspannt	25	0,54	-17,69	0,74	1,44	2,04	***
Metakate	D14	aufrecht	25	0,39	4,51	0,62	1,22	1,73	***
Metakate	D14	entspannt	25	0,58	4,45	0,76	1,49	2,10	***
Metafate	D15	aufrecht	25	0,46	-9,58	0,68	1,33	1,89	***
Metafate	D15	entspannt	25	0,48	-9,82	0,69	1,36	1,92	***
Metafate	D17	aufrecht	25	0,39	-10,25	0,62	1,22	1,72	***
Metafate	D17	entspannt	25	0,41	-10,43	0,64	1,26	1,78	***

8.2 Tabelle aller Messfehler der Winkel, kategorisiert nach Sternen und sortiert nach Sternen, Variablen und Sweep

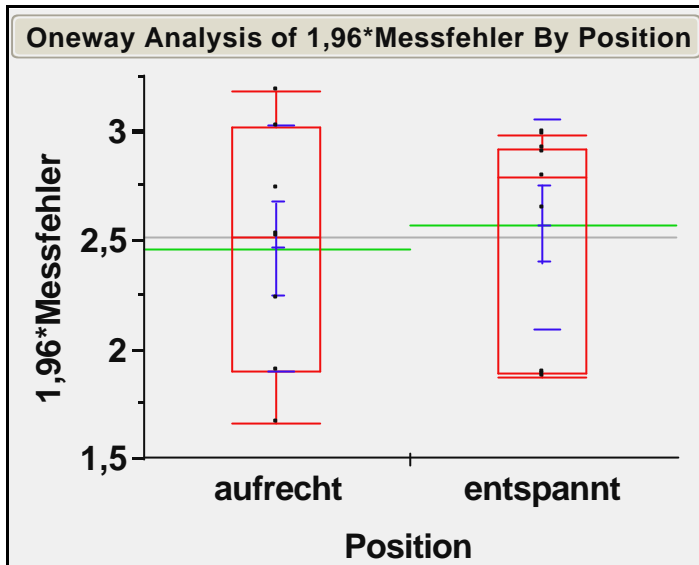
Sweep	Variablen	Position	N-Pows	Mean(Std Dev Werte ²)	Mean(Mean)	Messfehler	1,96*Messfehler	2,77*Messfehler	Messfehler*1,96=15(****)/=30(**) /=45(*)
Metalate	Alpha1	aufrecht	25	323,30	296,45	17,98	35,24	49,81	*
Metasate	Alpha1	aufrecht	25	259,97	294,42	16,12	31,60	44,66	*
Metasate	Alpha1	entspannt	25	265,78	293,73	16,30	31,95	45,16	*
Metaschate	Alpha1	entspannt	25	302,22	298,42	17,38	34,07	48,15	*
Metafate	Alpha3	aufrecht	25	390,43	271,26	19,76	38,73	54,73	*
Metafate	Alpha3	entspannt	25	393,78	266,34	19,84	38,89	54,97	*
Metalate	Alpha4	aufrecht	25	267,33	119,89	16,35	32,05	45,29	*
Metanate	Alpha4	aufrecht	25	297,57	119,83	17,25	33,81	47,78	*
Metanate	Alpha4	entspannt	25	507,09	121,47	22,52	44,14	62,38	*
Metasate	Alpha4	aufrecht	25	257,03	110,91	16,03	31,42	44,41	*
Metasate	Alpha4	entspannt	25	431,67	112,69	20,78	40,72	57,55	*
Metatate	Alpha4	entspannt	25	371,71	122,31	19,28	37,79	53,40	*
Metasate	Alpha6	entspannt	25	268,50	121,58	16,39	32,12	45,39	*
Metaschate	Alpha6	aufrecht	25	506,55	97,59	22,51	44,11	62,34	*
Metakate	Alpha1	aufrecht	25	207,61	307,75	14,41	28,24	39,91	**
Metakate	Alpha1	entspannt	25	184,63	306,20	13,59	26,63	37,64	**
Metalate	Alpha1	entspannt	25	121,47	298,12	11,02	21,60	30,53	**
Metanate	Alpha1	aufrecht	25	199,51	296,77	14,12	27,68	39,13	**
Metaschate	Alpha1	aufrecht	25	168,82	299,91	12,99	25,47	35,99	**
Metatate	Alpha1	aufrecht	25	197,74	298,42	14,06	27,56	38,95	**
Metatate	Alpha1	entspannt	25	188,03	299,17	13,71	26,88	37,98	**
Metakate	Alpha2	aufrecht	25	82,71	84,66	9,09	17,83	25,19	**
Metakate	Alpha2	entspannt	25	100,53	84,50	10,03	19,65	27,77	**
Metalate	Alpha2	aufrecht	25	90,29	103,93	9,50	18,62	26,32	**
Metalate	Alpha2	entspannt	25	94,00	100,96	9,70	19,00	26,86	**
Metanate	Alpha2	aufrecht	25	112,61	106,84	10,61	20,80	29,39	**
Metanate	Alpha2	entspannt	25	114,31	109,81	10,69	20,96	29,62	**
Metasate	Alpha2	aufrecht	25	62,66	121,23	7,92	15,51	21,93	**
Metasate	Alpha2	entspannt	25	69,58	122,66	8,34	16,35	23,11	**
Metaschate	Alpha2	aufrecht	25	63,61	97,56	7,98	15,63	22,09	**
Metaschate	Alpha2	entspannt	25	63,14	96,71	7,95	15,57	22,01	**
Metatate	Alpha2	aufrecht	25	87,75	110,88	9,37	18,36	25,95	**
Metatate	Alpha2	entspannt	25	67,92	113,54	8,24	16,15	22,83	**
Metatate	Alpha4	aufrecht	25	196,45	117,77	14,02	27,47	38,82	**
Metasate	Alpha6	aufrecht	25	215,70	121,28	14,69	28,79	40,68	**
Metanate	Alpha1	entspannt	25	52,62	300,44	7,25	14,22	20,09	***
Metafate	Alpha2	aufrecht	25	12,25	98,00	3,50	6,86	9,70	***

ANHANG

Metafate	Alpha2	entspannt	25	11,67	97,20	3,42	6,69	9,46	***
Metafate	Alpha7	aufrecht	25	38,20	93,02	6,18	12,11	17,12	***
Metafate	Alpha7	entspannt	25	41,90	93,54	6,47	12,69	17,93	***

8.3 Oneway-Analysen der Messfehler (Distanzen)

D01:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,6597	1,6598	1,889	2,51957	3,00861	3,1819	3,181882
entspannt	1,8733	1,8733	1,885	2,78659	2,912	2,9834	2,983359

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,45807	0,565892	0,21389	1,9347	2,9814
entspannt	7	2,56799	0,483274	0,18266	2,1210	3,0149

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	51	7,28571	-0,128
entspannt	7	54	7,71429	0,128

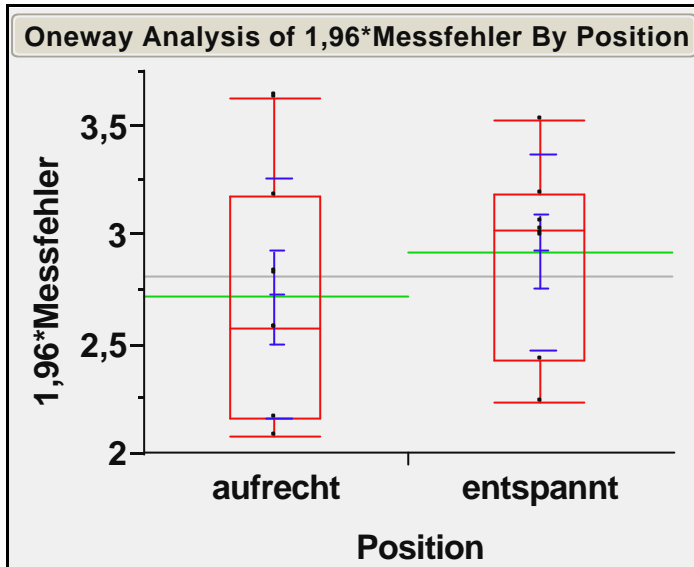
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
54	0,12778	0,8983

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0367	1	0,8480

D02:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	2,071999	2,072	2,1558	2,56923	3,168	3,6284	3,62839
entspannt	2,226819	2,2268	2,4262	3,01536	3,186	3,5230	3,523031

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,71191	0,551019	0,20827	2,2023	3,2215
entspannt	7	2,91910	0,445890	0,16853	2,5067	3,3315

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	46	6,57143	-0,767
entspannt	7	59	8,42857	0,767

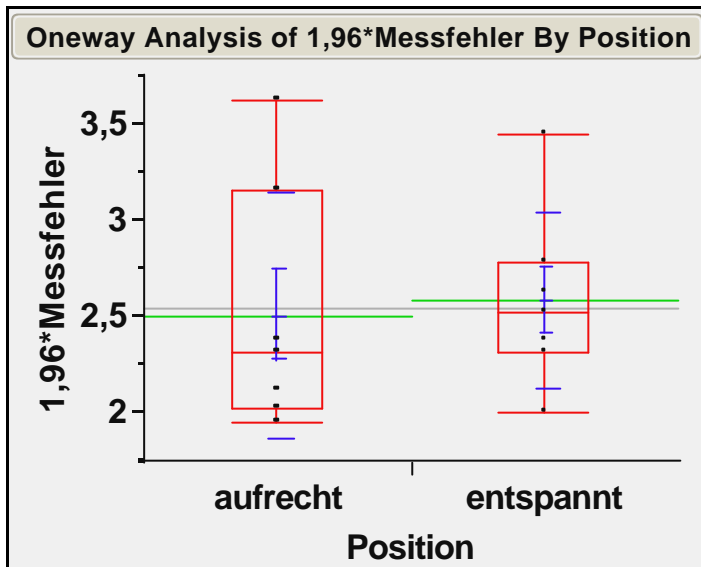
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
59	0,76665	0,4433

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,6898	1	0,4062

D03:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,946151	1,9462	2,02084	2,3073	3,1512	3,627	3,626836
entspannt	2,001697	2,0017	2,31465	2,5176	2,7787	3,444	3,444397

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,50529	0,637326	0,24089	1,9159	3,0947
entspannt	7	2,57933	0,454137	0,17165	2,1593	2,9993

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	47	6,71429	-0,639
entspannt	7	58	8,28571	0,639

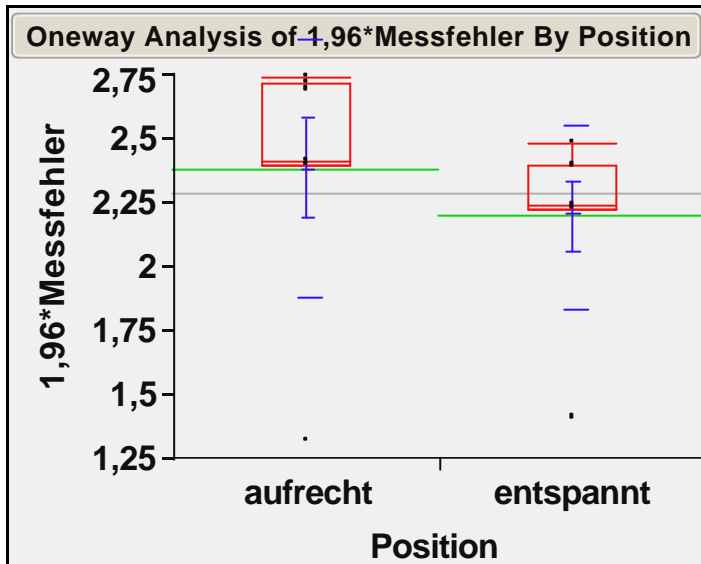
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
58	0,63888	0,5229

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,4939	1	0,4822

D04:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,30904	1,309	2,39695	2,412883	2,711	2,7369	2,736869
entspannt	1,40704	1,407	2,2225	2,234941	2,4	2,4805	2,480472

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,37927	0,496764	0,18776	1,9198	2,8387
entspannt	7	2,19483	0,361999	0,13682	1,8600	2,5296

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	66	9,42857	1,661
entspannt	7	39	5,57143	-1,661

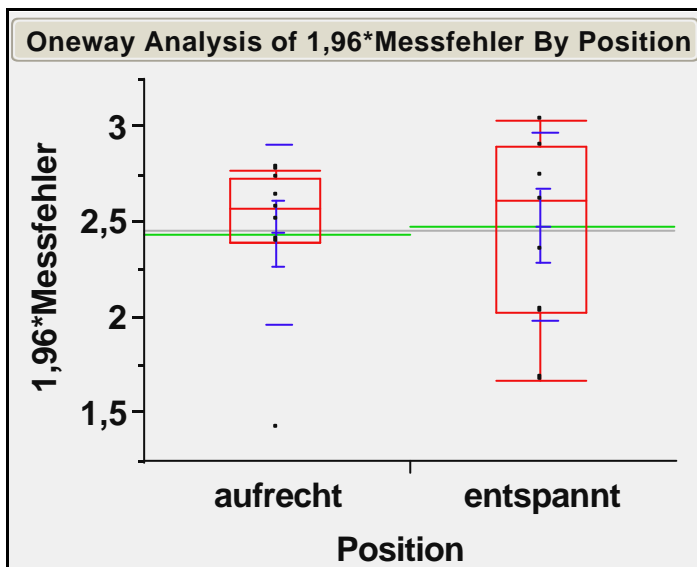
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
39	-1,66108	0,0967

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
2,9755	1	0,0845

D05:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,423432	1,423	2,4013	2,5802	2,7303	2,78203	2,78203
entspannt	1,676802	1,677	2,0335	2,6078	2,8947	3,03036	3,03036

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,43720	0,46509	0,17579	2,0071	2,8673
entspannt	7	2,47709	0,48697	0,18406	2,0267	2,9275

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	50	7,14286	-0,256
entspannt	7	55	7,85714	0,256

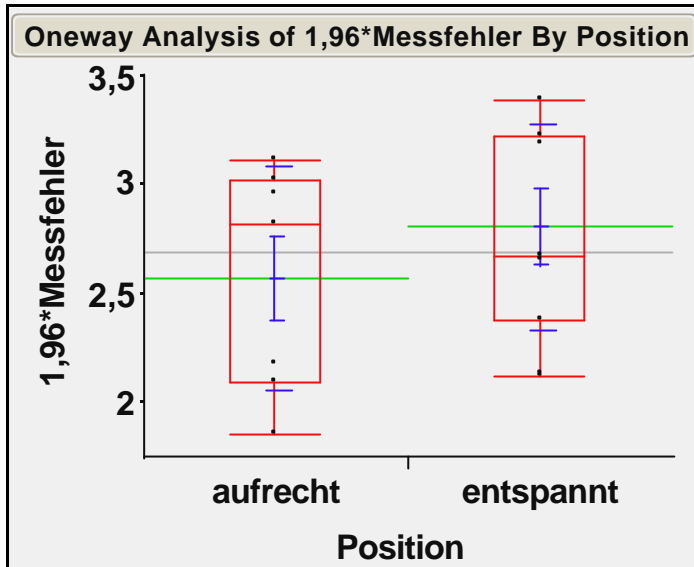
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
55	0,25555	0,7983

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1020	1	0,7494

D06:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,8516	1,8516	2,09362	2,81901	3,0212	3,11	3,109979
entspannt	2,122186	2,1222	2,38146	2,67239	3,2207	3,3852	3,385158

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,57466	0,516076	0,19506	2,0974	3,0520
entspannt	7	2,80321	0,473178	0,17884	2,3656	3,2408

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	45	6,42857	-0,894
entspannt	7	60	8,57143	0,894

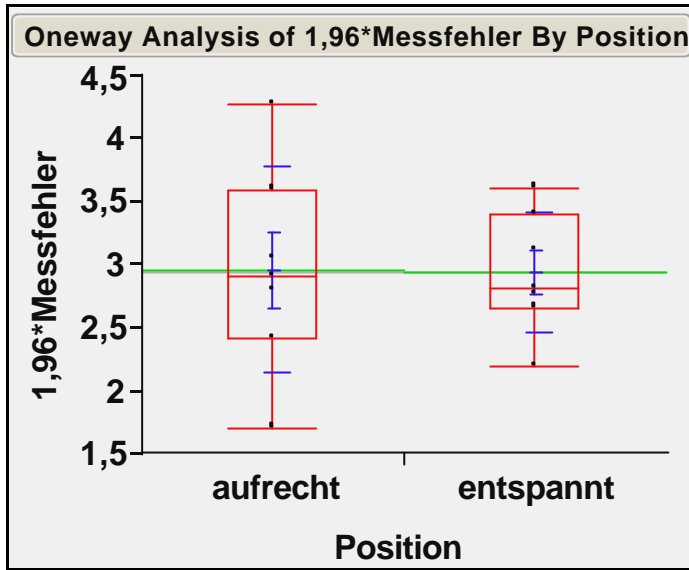
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
60	0,89443	0,3711

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,9184	1	0,3379

D07:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,7142	1,7142	2,4123	2,9056	3,5856	4,26328	4,263277
entspannt	2,18926	2,1893	2,6636	2,81277	3,3848	3,61553	3,615532

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,95812	0,814358	0,30780	2,2050	3,7113
entspannt	7	2,93428	0,478523	0,18086	2,4917	3,3768

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	53	7,57143	-0,000
entspannt	7	52	7,42857	0,000

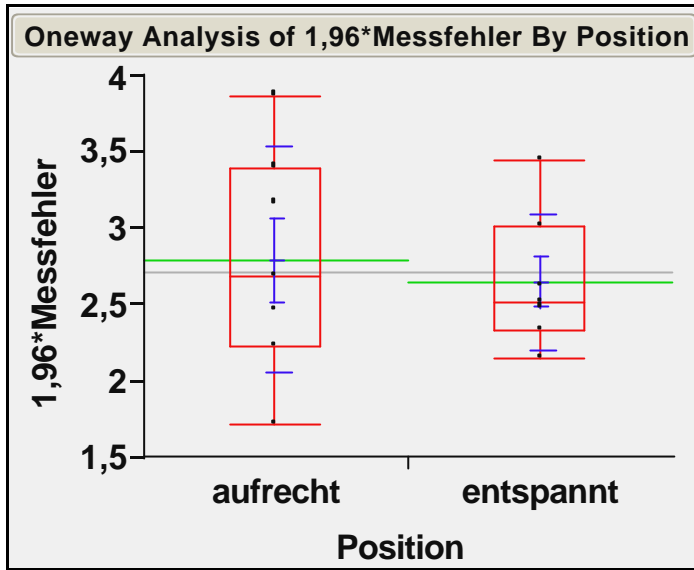
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
52	0,00000	1,0000

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0041	1	0,9491

D08:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,71863	1,719	2,22572	2,690113	3,3906	3,8722	3,87221
entspannt	2,14832	2,148	2,32627	2,512111	3,0067	3,4358	3,43576

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,78973	0,735914	0,27815	2,1091	3,4703
entspannt	7	2,64586	0,437971	0,16554	2,2408	3,0509

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	55	7,85714	0,256
entspannt	7	50	7,14286	-0,256

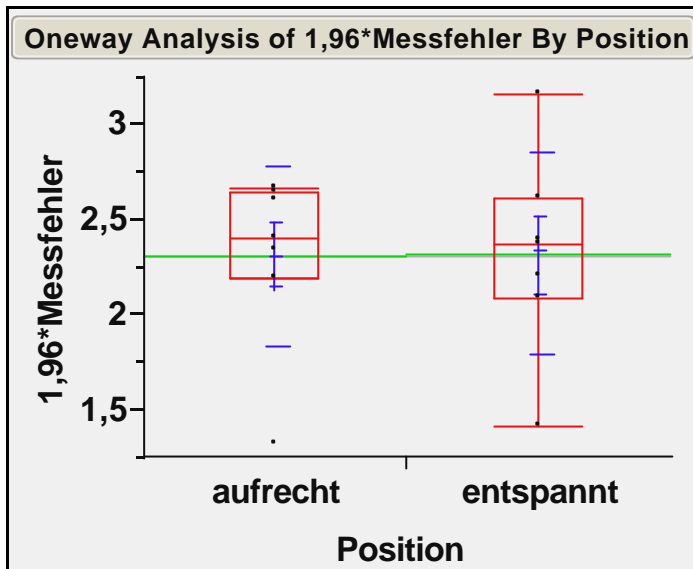
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
50	-0,25555	0,7983

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1020	1	0,7494

D09:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,317503	1,318	2,1932	2,40441	2,6472	2,66340	2,663404
entspannt	1,406187	1,406	2,0886	2,36518	2,6161	3,16070	3,160702

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,30820	0,470696	0,17791	1,8729	2,7435
entspannt	7	2,31789	0,533167	0,20152	1,8248	2,8110

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	55	7,85714	0,256
entspannt	7	50	7,14286	-0,256

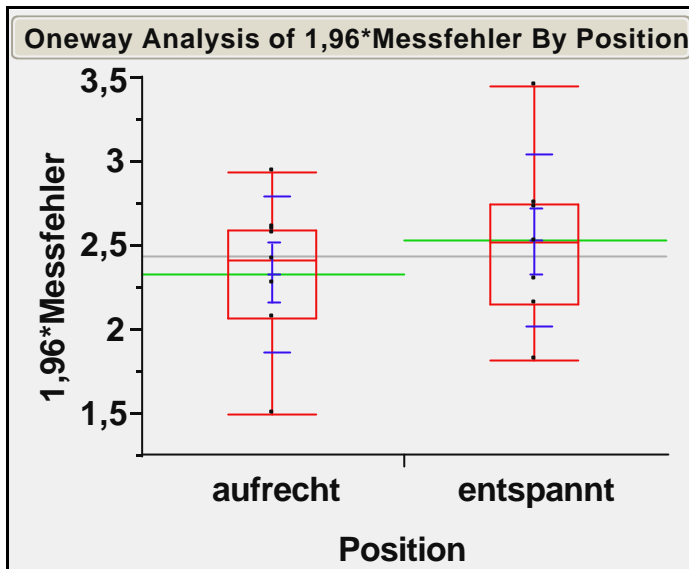
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
50	-0,25555	0,7983

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1020	1	0,7494

D10:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,498022	1,498	2,0683	2,40014	2,5884	2,93165	2,931647
entspannt	1,820304	1,820	2,1472	2,51975	2,7438	3,44308	3,443084

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,33159	0,457044	0,17275	1,9089	2,7543
entspannt	7	2,52749	0,519426	0,19632	2,0471	3,0079

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	48	6,85714	-0,511
entspannt	7	57	8,14286	0,511

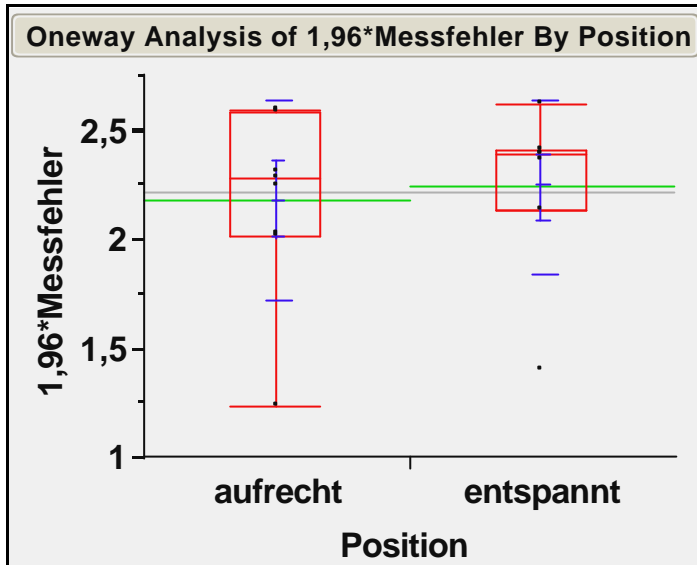
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
57	0,51110	0,6093

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,3306	1	0,5653

D11:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,231078	1,231	2,01313	2,27988	2,57966	2,5902	2,590197
entspannt	1,389957	1,39	2,13454	2,38453	2,40103	2,6161	2,616139

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,17762	0,463101	0,17504	1,7493	2,6059
entspannt	7	2,23813	0,399273	0,15091	1,8689	2,6074

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	47	6,71429	-0,639
entspannt	7	58	8,28571	0,639

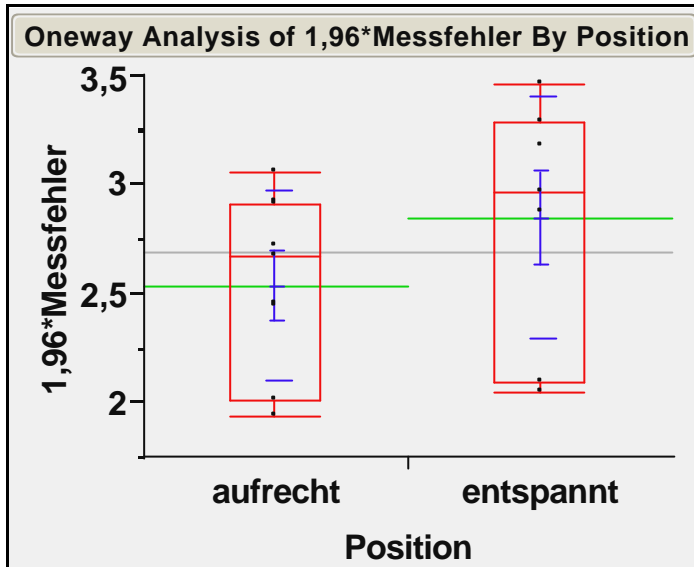
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
58	0,63888	0,5229

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,4939	1	0,4822

D12:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,938176	1,9382	2,00957	2,67044	2,9144	3,062	3,061973
entspannt	2,045305	2,0453	2,09236	2,96242	3,2766	3,4571	3,457064

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,53738	0,430931	0,16288	2,1388	2,9359
entspannt	7	2,84070	0,561574	0,21226	2,3213	3,3601

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	41	5,85714	-1,406
entspannt	7	64	9,14286	1,406

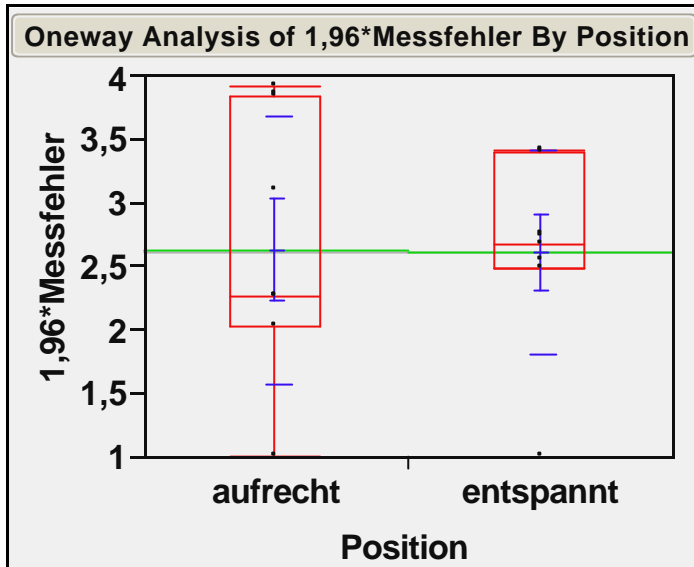
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
64	1,40553	0,1599

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
2,1592	1	0,1417

D13:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,016163	1,016	2,01756	2,25513	3,845	3,9006	3,900585
entspannt	1,007186	1,007	2,48252	2,6703	3,3934	3,4017	3,401728

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,62613	1,04666	0,39560	1,6581	3,5941
entspannt	7	2,60532	0,80142	0,30291	1,8641	3,3465

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	51	7,28571	-0,128
entspannt	7	54	7,71429	0,128

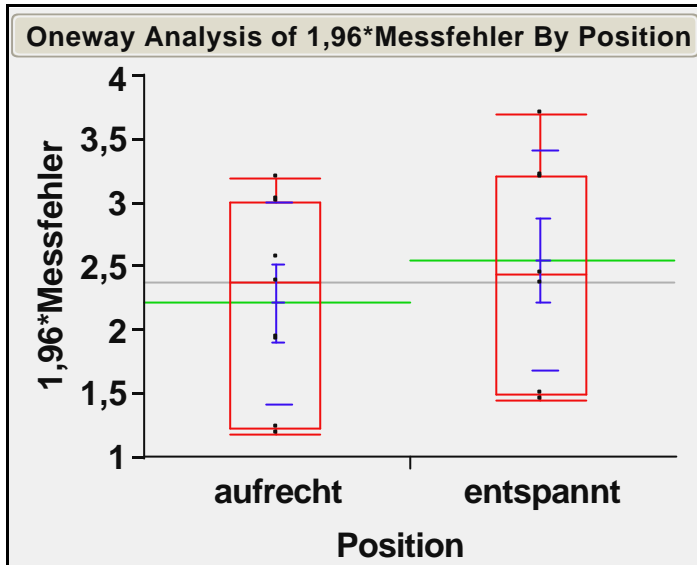
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
54	0,12778	0,8983

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0367	1	0,8480

D14:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,180367	1,1804	1,2226	2,37133	3,0133	3,1974	3,197345
entspannt	1,443866	1,4439	1,4894	2,435	3,21027	3,6875	3,687468

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,21029	0,805254	0,30436	1,4656	2,9550
entspannt	7	2,54374	0,869126	0,32850	1,7399	3,3475

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	46	6,57143	-0,767
entspannt	7	59	8,42857	0,767

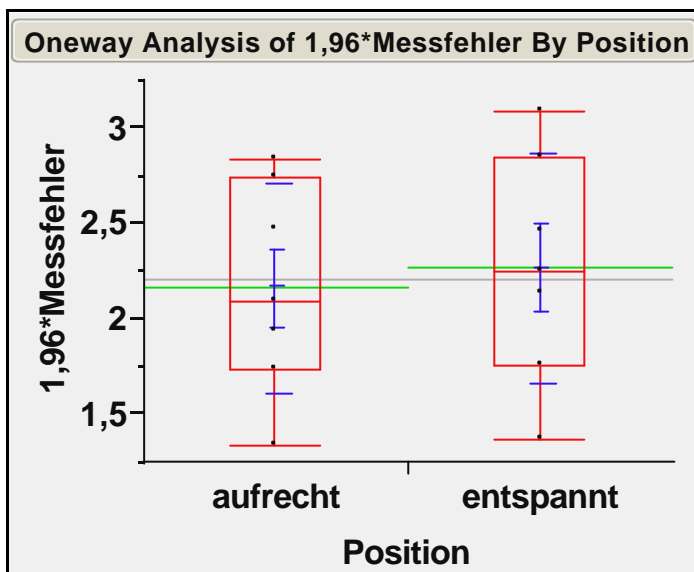
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
59	0,76665	0,4433

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,6898	1	0,4062

D15:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,334596	1,335	1,73573	2,0835	2,7464	2,82891	2,828914
entspannt	1,361933	1,362	1,75535	2,2402	2,8410	3,09254	3,09254

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,16239	0,548327	0,20725	1,6553	2,6695
entspannt	7	2,26867	0,597993	0,22602	1,7156	2,8217

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	48	6,85714	-0,511
entspannt	7	57	8,14286	0,511

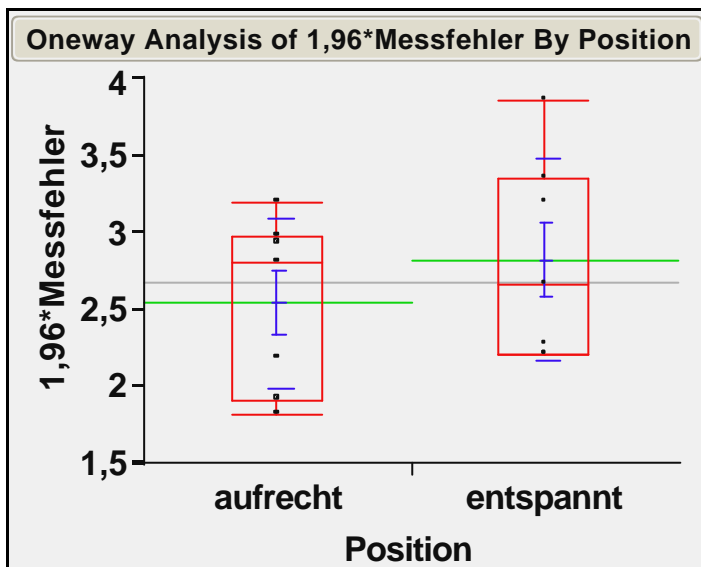
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
57	0,51110	0,6093

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,3306	1	0,5653

D16:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,819226	1,8192	1,90938	2,7923	2,9584	3,18751	3,18751
entspannt	2,199946	2,2	2,20389	2,6656	3,3383	3,85641	3,856406

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,53699	0,556460	0,21032	2,0224	3,0516
entspannt	7	2,81788	0,655376	0,24771	2,2118	3,4240

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	44	6,28571	-1,022
entspannt	7	61	8,71429	1,022

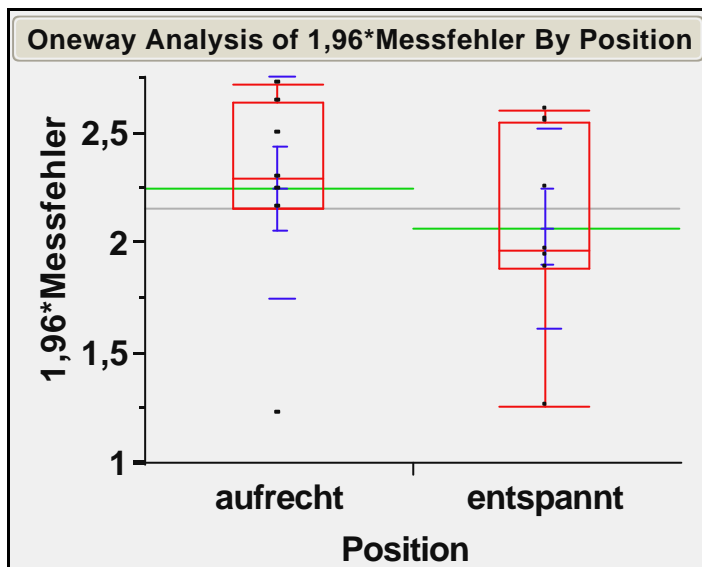
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
61	1,02220	0,3067

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
1,1796	1	0,2774

D17:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,218086	1,218	2,15349	2,28495	2,6365	2,7199	2,71985
entspannt	1,259949	1,26	1,88111	1,96717	2,5485	2,5963	2,596259

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,24885	0,500600	0,18921	1,7859	2,7118
entspannt	7	2,06310	0,458222	0,17319	1,6393	2,4869

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	60	8,57143	0,894
entspannt	7	45	6,42857	-0,894

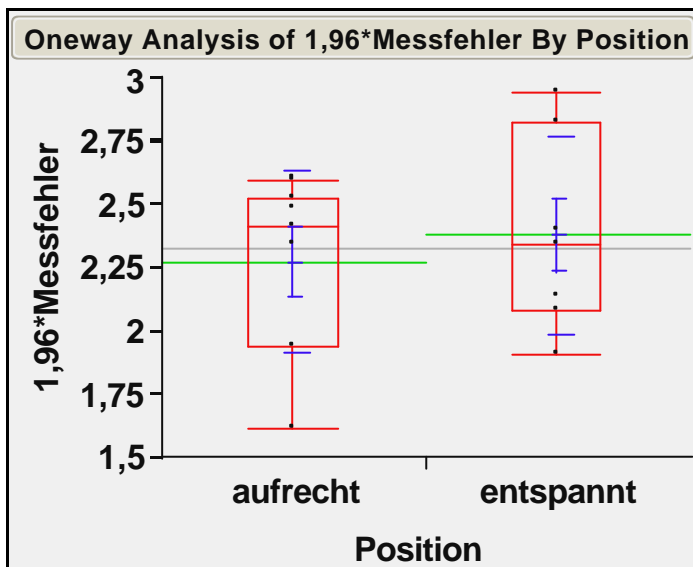
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
45	-0,89443	0,3711

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,9184	1	0,3379

D18:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,613673	1,614	1,9383	2,41049	2,52382	2,59856	2,598556
entspannt	1,906337	1,906	2,0806	2,34086	2,82425	2,94069	2,940694

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	2,27205	0,361145	0,13650	1,9380	2,6061
entspannt	7	2,37575	0,384147	0,14519	2,0205	2,7310

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	52	7,42857	0,000
entspannt	7	53	7,57143	-0,000

2-Sample Test, Normal Approximation

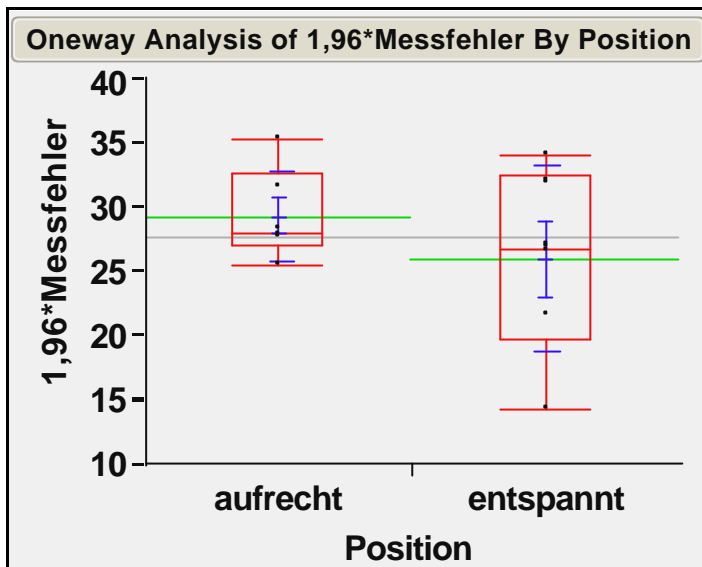
S	Z	Prob> Z
53	-0,00000	1,0000

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0041	1	0,9491

8.4 Oneway-Analysen der Messfehler

Alpha 01:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	25,46619	25,466	27,0379	27,9628	32,512	35,242	35,24168
entspannt	14,21713	14,217	19,7555	26,7543	32,483	34,073	34,07342

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	6	29,2996	3,52290	1,4382	25,603	32,997
entspannt	6	25,8924	7,20973	2,9434	18,326	33,459

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	6	45	7,50000	0,881
entspannt	6	33	5,50000	-0,881

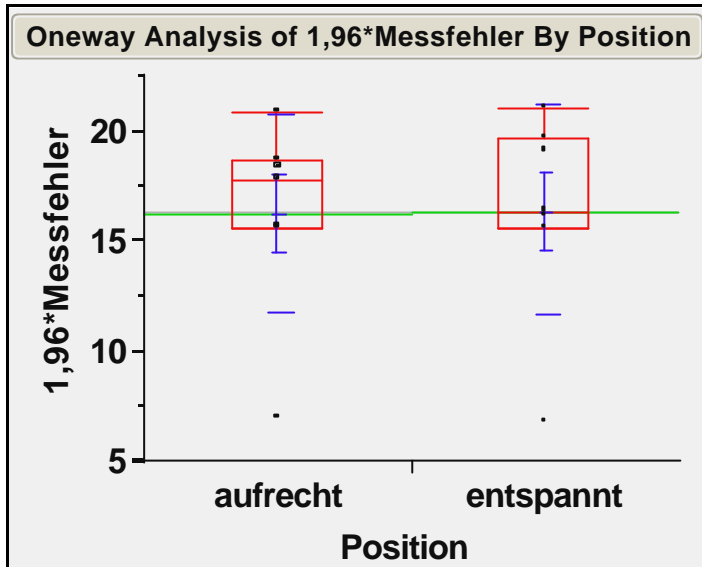
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
33	-0,88070	0,3785

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,9231	1	0,3367

Alpha 2:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	6,860805	6,8608	15,5148	17,8251	18,624	20,799	20,79934
entspannt	6,694698	6,6947	15,5746	16,3488	19,652	20,955	20,95517

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	7	16,2309	4,51563	1,7067	12,055	20,407
entspannt	7	16,3402	4,70836	1,7796	11,986	20,695

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	7	50	7,14286	-0,256
entspannt	7	55	7,85714	0,256

2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
55	0,25555	0,7983

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1020	1	0,7494

Alpha 3:

Aufgrund zu geringer Fallzahl Analyse nicht sinnvoll

Alpha 4:

Aufgrund zu geringer Fallzahl Analyse nicht sinnvoll

Alpha 6:

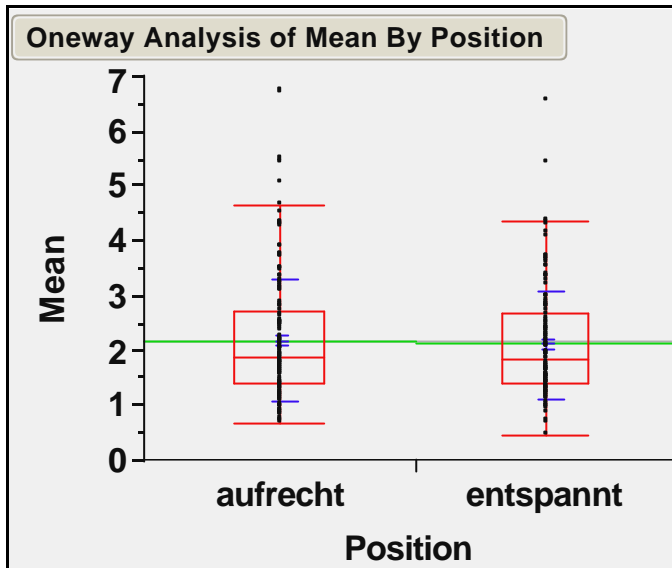
Aufgrund zu geringer Fallzahl Analyse nicht sinnvoll

Alpha7:

Aufgrund zu geringer Fallzahl Analyse nicht sinnvoll

8.5 Oneway-Analysen der Bewegungsbahnen der Zunge (Distanzen)

D05:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	0,673	1,0178	1,369	1,876	2,701	3,7144	6,727
entspannt	0,446	1,147	1,3995	1,862	2,676	3,5058	6,566

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	2,17558	1,11555	0,10059	1,9765	2,3747
entspannt	117	2,11149	0,99511	0,09200	1,9293	2,2937

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	14935	121,423	0,210
entspannt	117	13985	119,530	-0,210

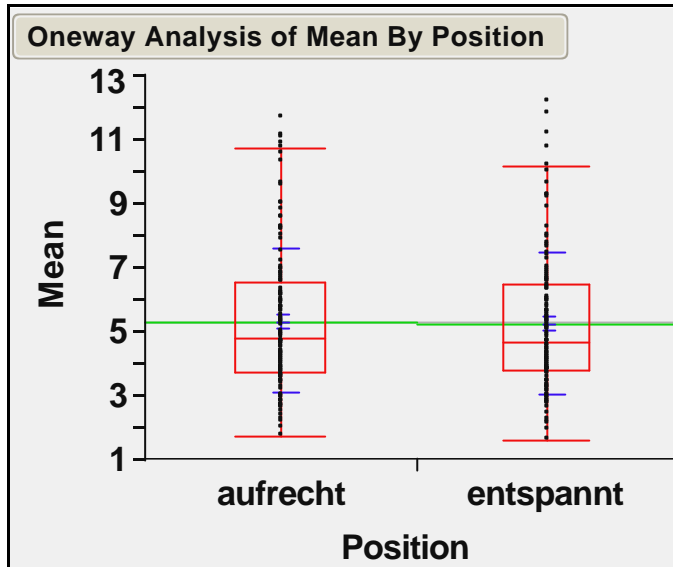
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13985	-0,21019	0,8335

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0446	1	0,8328

D06:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	1,718	2,757	3,704	4,766	6,533	8,6551	11,63
entspannt	1,581	2,8604	3,7585	4,64	6,404	8,3592	12,16222

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	5,32671	2,23772	0,20177	4,9273	5,7261
entspannt	117	5,20755	2,19391	0,20283	4,8058	5,6093

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15049	122,350	0,422
entspannt	117	13871	118,556	-0,422

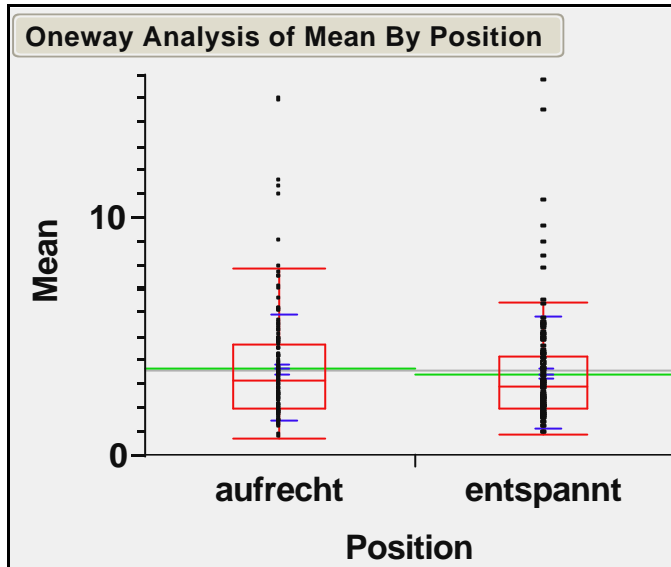
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13871	-0,42224	0,6728

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1791	1	0,6722

D07:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	0,744	1,5844	1,997	3,116	4,671	6,1082	14,903
entspannt	0,809	1,5728	1,9908	2,868	4,17383	5,4358	15,666

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	3,64629	2,29033	0,20651	3,2375	4,0551
entspannt	117	3,46602	2,34715	0,21699	3,0362	3,8958

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15247,5	123,963	0,791
entspannt	117	13672,5	116,859	-0,791

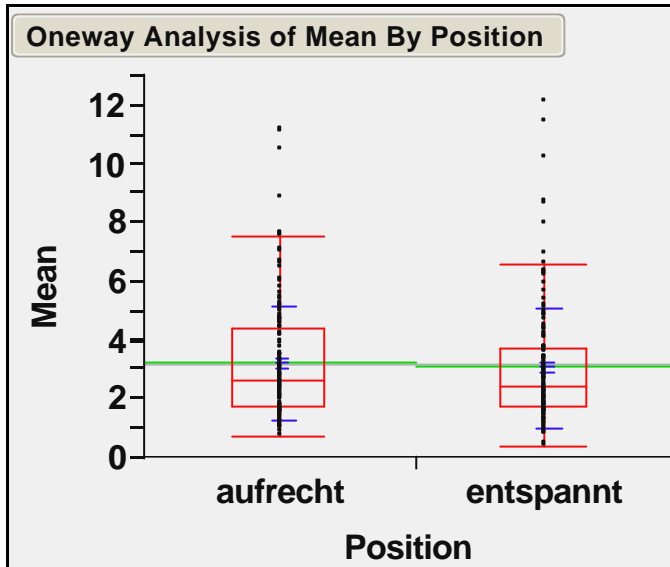
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13672,5	-0,79147	0,4287

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,6279	1	0,4281

D08:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	0,676	1,2722	1,688	2,602	4,371	5,871	11,09
entspannt	0,38	1,262	1,716	2,444	3,699	5,642	12,077

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	3,19217	1,94657	0,17552	2,8447	3,5396
entspannt	117	3,04585	2,05568	0,19005	2,6694	3,4223

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15268,5	124,134	0,831
entspannt	117	13651,5	116,679	-0,831

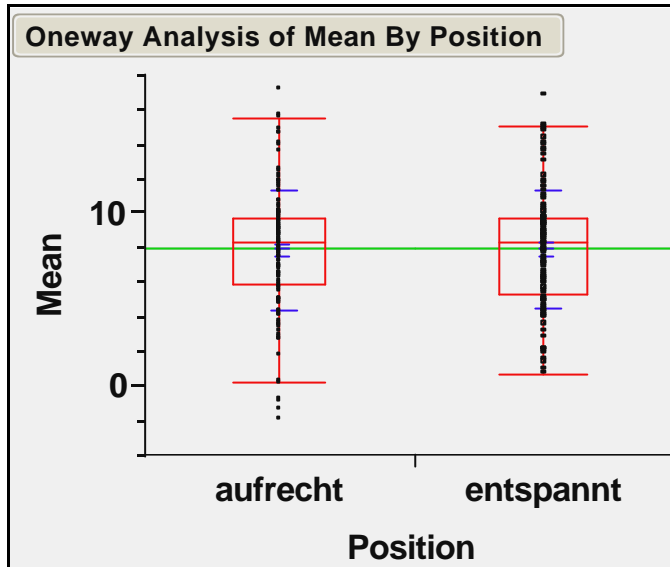
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13651,5	-0,83054	0,4062

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,6913	1	0,4057

D09:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-1,974	3,472	5,89	8,344	9,726	11,9612	17,085
entspannt	0,687	3,407	5,409	8,248	9,7175	13,0146	16,772

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	7,89454	3,49538	0,31517	7,2706	8,5185
entspannt	117	7,90729	3,43869	0,31791	7,2776	8,5369

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	14894	121,089	0,134
entspannt	117	14026	119,880	-0,134

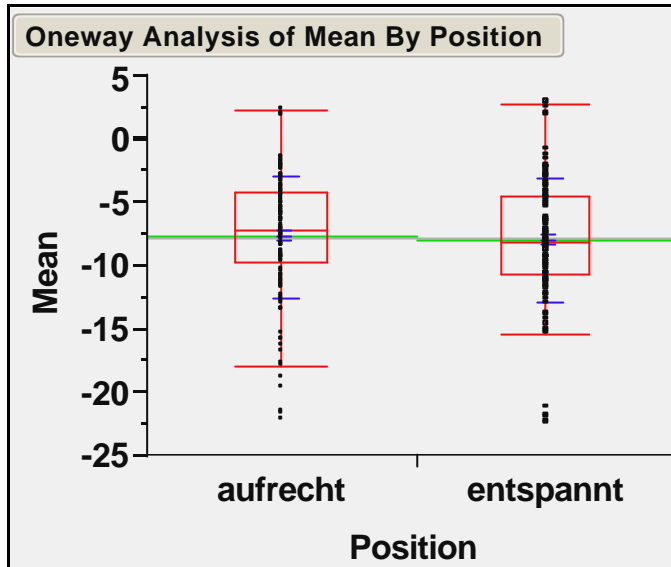
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
14026	-0,13393	0,8935

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0182	1	0,8927

D10:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-22,282	-13,5976	-9,723	-7,289	-4,232	-2,317	2,202
entspannt	-22,557	-13,9698	-10,794	-8,311	-4,6325	-2,358	2,82

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	-7,7114	4,85151	0,43745	-8,577	-6,845
entspannt	117	-8,0208	4,95984	0,45854	-8,929	-7,113

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15302,5	124,411	0,894
entspannt	117	13617,5	116,389	-0,894

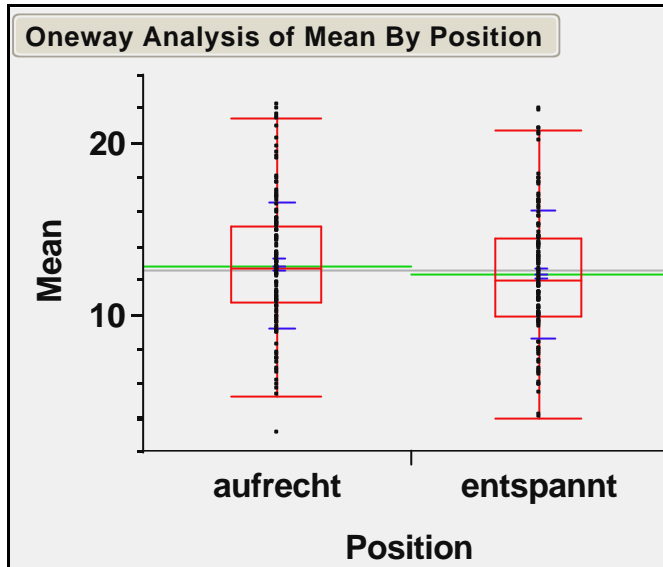
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13617,5	-0,89378	0,3714

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,8005	1	0,3709

D11:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	3,034	7,6028	10,691	12,671	15,17	17,5654	22,049
entspannt	4,045	7,609	9,9275	11,962	14,37	17,5584	21,857

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	12,8461	3,71394	0,33487	12,183	13,509
entspannt	117	12,3883	3,72339	0,34423	11,707	13,070

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15453,5	125,638	1,175
entspannt	117	13466,5	115,098	-1,175

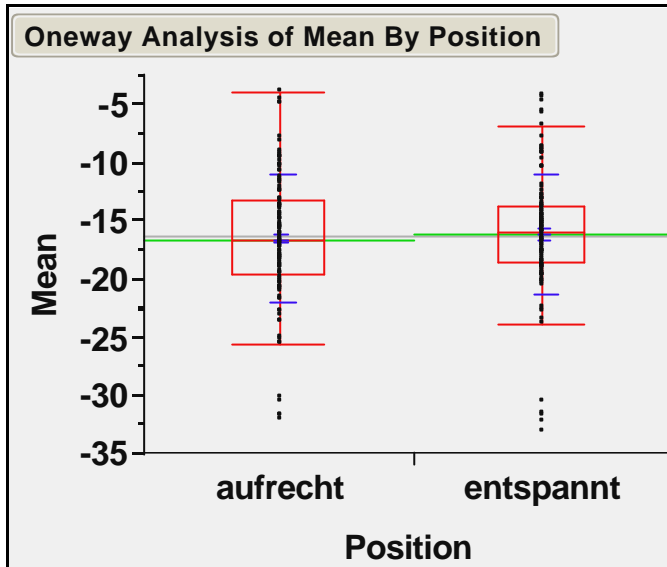
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13466,5	-1,17465	0,2401

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
1,3820	1	0,2398

D12:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-32,169	-23,0362	-19,562	-16,75	-13,259	-9,6928	-3,948
entspannt	-33,105	-20,3584	-18,644	-15,943	-13,875	-9,2696	-4,409

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	-16,596	5,45196	0,49159	-17,57	-15,62
entspannt	117	-16,160	5,17094	0,47805	-17,11	-15,21

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	14428	117,301	-0,731
entspannt	117	14492	123,863	0,731

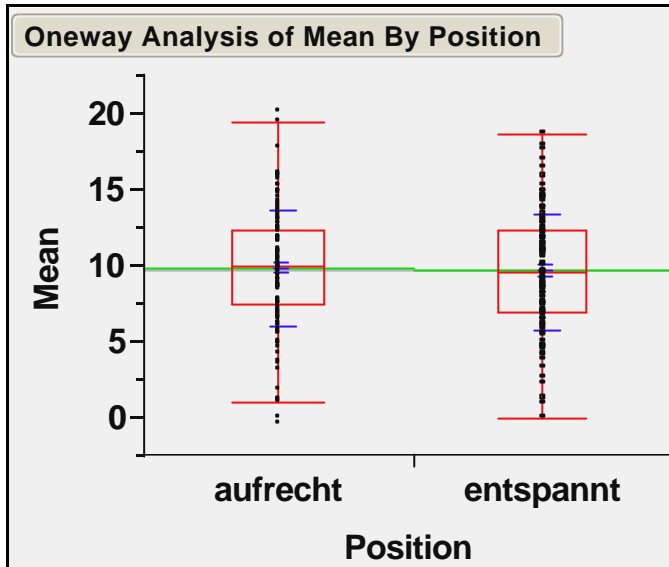
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
14492	0,73102	0,4648

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,5358	1	0,4642

D13:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-0,549	5,1966	7,409	9,863	12,26	14,722	20,08778
entspannt	-0,09	4,505489	6,9295	9,449	12,28	14,54	18,593

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	9,79819	3,76206	0,33921	9,1267	10,470
entspannt	117	9,62404	3,84698	0,35565	8,9196	10,328

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15059,5	122,435	0,442
entspannt	117	13860,5	118,466	-0,442

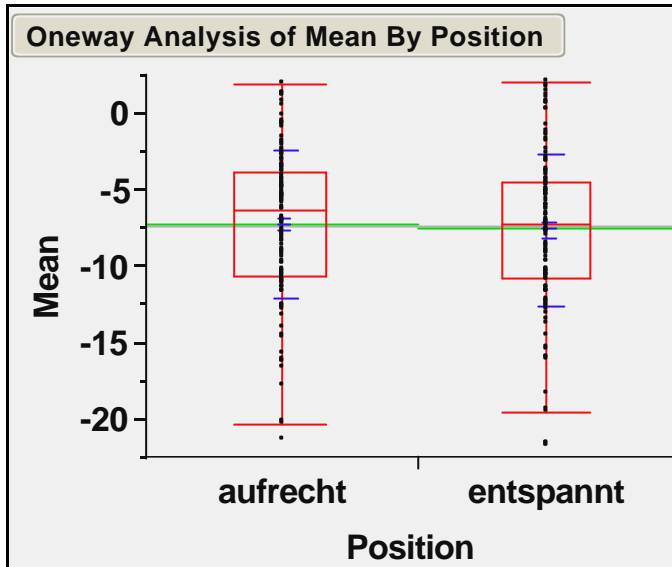
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13860,5	-0,44177	0,6587

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1960	1	0,6580

D14:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-21,489	-13,7656	-10,63	-6,359	-3,852	-1,2578	1,841
entspannt	-21,757	-13,6617	-10,735	-7,339	-4,549	-1,30293	1,967

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	-7,2961	4,81974	0,43458	-8,156	-6,436
entspannt	117	-7,6373	4,92458	0,45528	-8,539	-6,736

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15251,5	123,996	0,799
entspannt	117	13668,5	116,825	-0,799

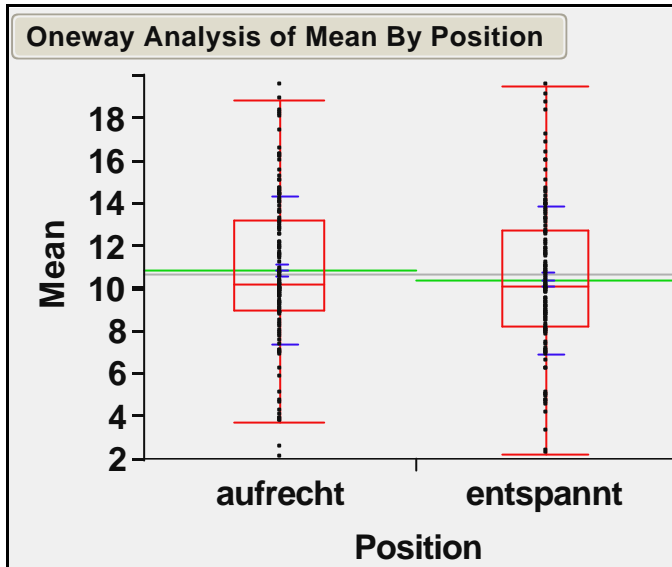
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13668,5	-0,79891	0,4243

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,6398	1	0,4238

D15:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	2,038	6,8854	8,953	10,16	13,144	15,32	19,474
entspannt	2,254	5,8916	8,2065	10,027	12,7955	14,6	19,496

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	10,8391	3,49369	0,31502	10,216	11,463
entspannt	117	10,3980	3,47023	0,32082	9,763	11,033

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15440	125,528	1,150
entspannt	117	13480	115,214	-1,150

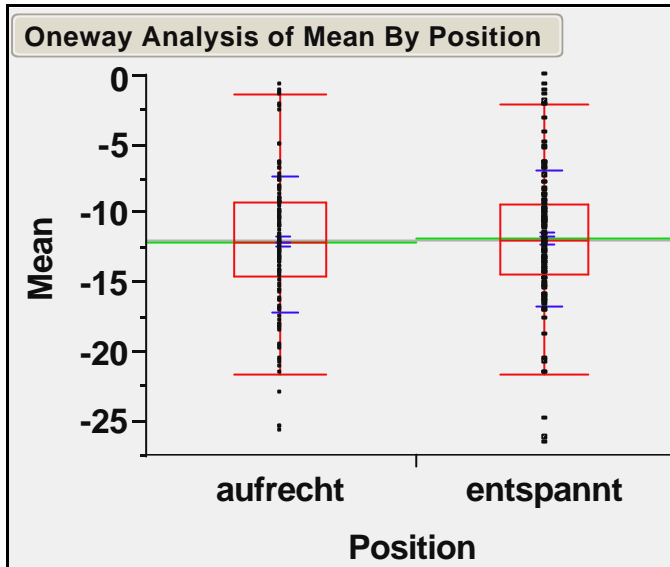
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
13480	-1,14954	0,2503

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
1,3236	1	0,2499

D16:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-25,953	-18,5334	-14,586	-12,085	-9,312	-6,781	-0,905
entspannt	-26,683	-17,1036	-14,425	-11,941	-9,327	-5,401	-0,074

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	-12,199	4,96303	0,44750	-13,08	-11,31
entspannt	117	-11,819	4,92858	0,45565	-12,72	-10,92

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	14648	119,089	-0,322
entspannt	117	14272	121,983	0,322

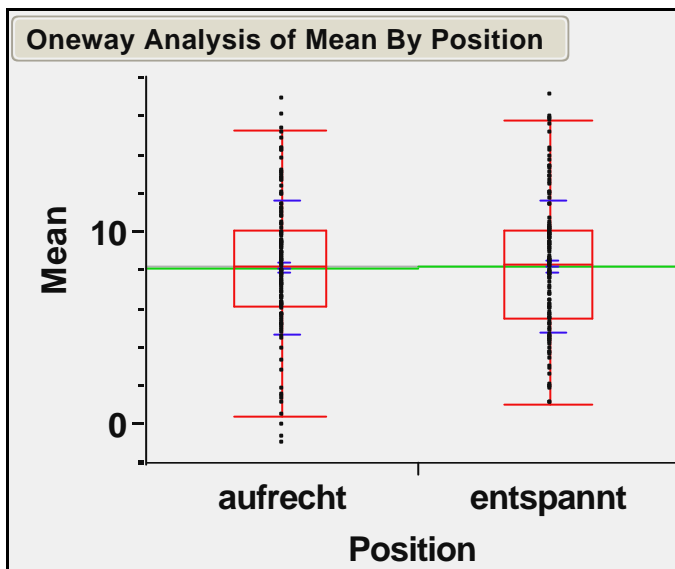
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
14272	0,32180	0,7476

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1042	1	0,7469

D17:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-1,047	4,5192	6,123	8,124	10,045	12,735	16,87
entspannt	1,014	3,6342	5,546	8,308	10,066	12,988	17,096

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	8,11057	3,45324	0,31137	7,4942	8,7270
entspannt	117	8,16643	3,47102	0,32090	7,5309	8,8020

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	14789	120,236	-0,060
entspannt	117	14131	120,778	0,060

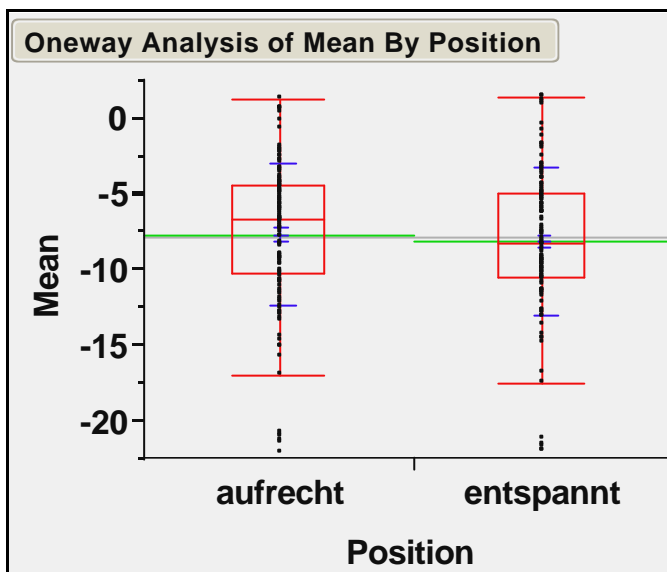
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
14131	0,05952	0,9525

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0037	1	0,9518

D18:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	-22,13	-13,3082	-10,247	-6,801	-4,533	-2,5768	1,195
entspannt	-22,036	-13,771	-10,541	-8,293	-4,965	-2,1598	1,37

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	123	-7,6644	4,72508	0,42605	-8,508	-6,821
entspannt	117	-8,1369	4,87460	0,45066	-9,030	-7,244

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	123	15380,5	125,045	1,039
entspannt	117	13539,5	115,722	-1,039

2-Sample Test, Normal Approximation

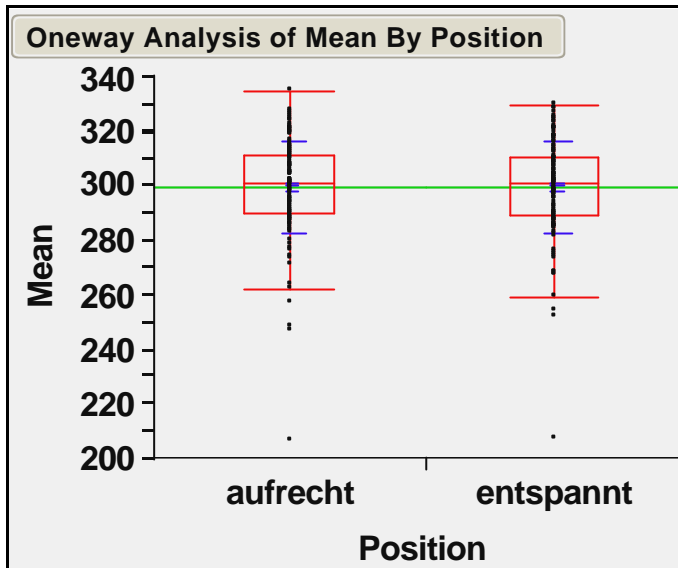
<u>S</u>	<u>Z</u>	<u>Prob> Z </u>
13539,5	-1,03887	0,2989

1-way Test, ChiSquare Approximation

<u>ChiSquare</u>	<u>DF</u>	<u>Prob>ChiSq</u>
1,0812	1	0,2984

8.6 Oneway-Analysen der Bewegungsbahnen der Zunge (Winkel)

Alpha 1:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	205,98	282,618	290,055	300,79	310,86	319,52	334,33
entspannt	206,6	283,424	288,745	300,95	309,75	320,13	329,84

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	148	298,950	17,0996	1,4056	296,17	301,73
entspannt	141	299,371	17,1986	1,4484	296,51	302,23

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	148	21353	144,277	-0,150
entspannt	141	20552	145,759	0,150

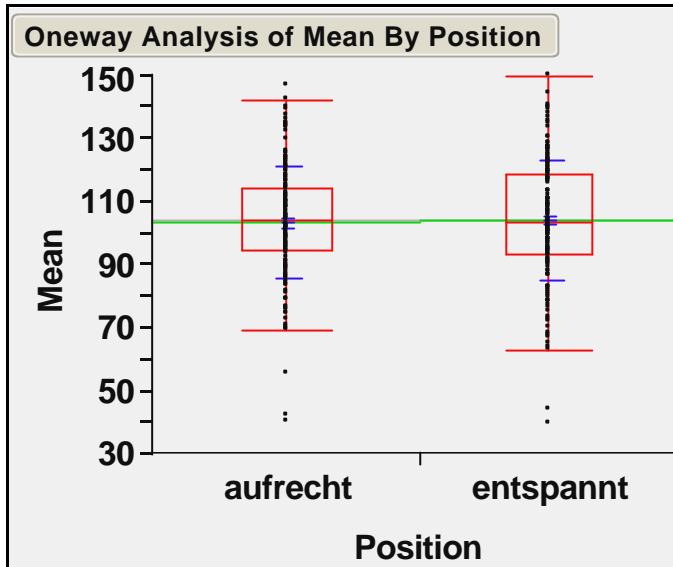
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
20552	0,14997	0,8808

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0227	1	0,8802

Alpha 2 :



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	39,37	81,598	94,495	103,93	114,15	124,526	146,66
entspannt	39,14	78,662	93,3	103,18	118,29	126,162	149,65

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	173	103,288	17,6492	1,3418	100,64	105,94
entspannt	165	103,698	18,7962	1,4633	100,81	106,59

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	173	29047	167,902	-0,307
entspannt	165	28244	171,176	0,307

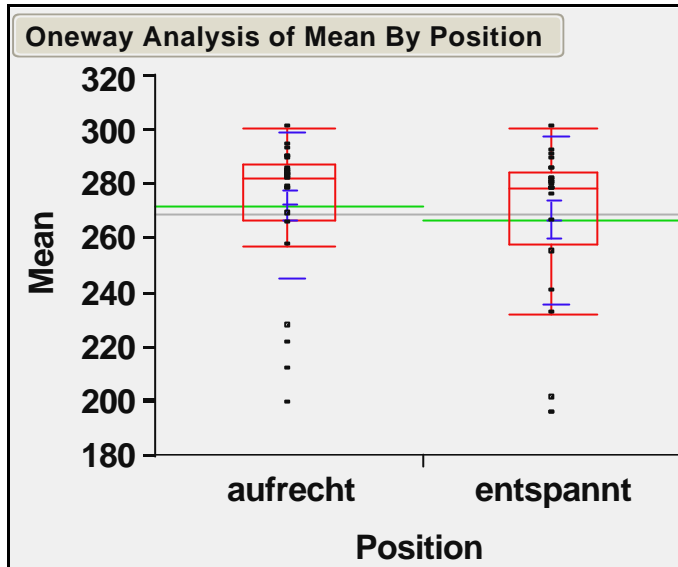
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
28244	0,30735	0,7586

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0948	1	0,7582

Alpha 3:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	198,9	217,068	266,52	281,91	286,69	292,80	300,1
entspannt	195,15	197,955	257,45	278,67	283,81	290,86	300,32

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	25	271,258	27,1241	5,4248	260,06	282,45
entspannt	24	266,338	30,7543	6,2777	253,35	279,32

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	25	679	27,1600	1,070
entspannt	24	546	22,7500	-1,070

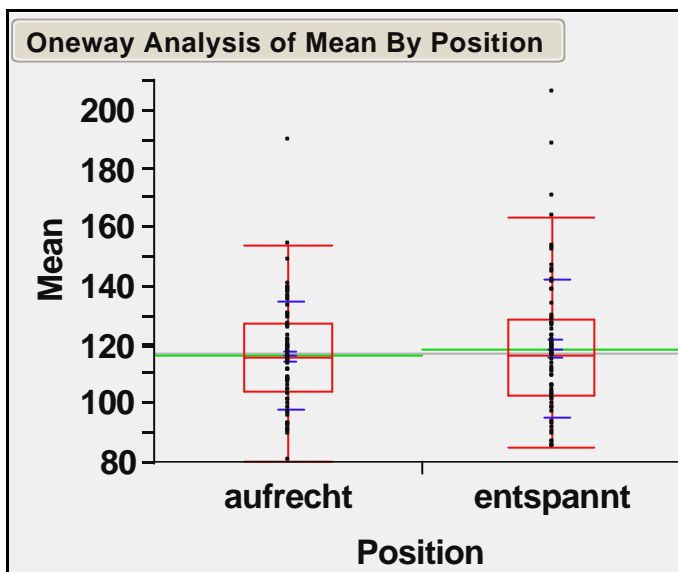
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
546	-1,07000	0,2846

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
1,1664	1	0,2801

Alpha 4:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	80,67143	92,37	103,84	115,59	127,357	138	189,24
entspannt	84,74	90,054	102,67	116,645	128,425	150,3	205,1889

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	74	116,150	18,0958	2,1036	111,96	120,34
entspannt	72	118,823	23,6307	2,7849	113,27	124,38

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	74	5344	72,2162	-0,370
entspannt	72	5387	74,8194	0,370

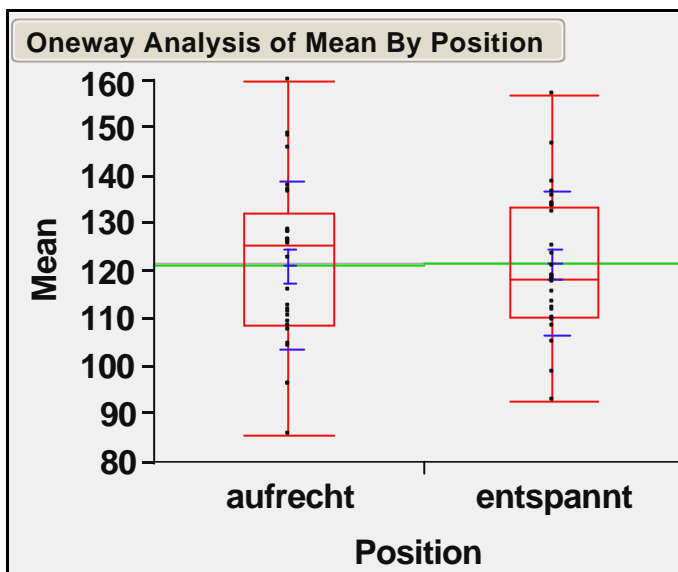
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
5387	0,36990	0,7115

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,1383	1	0,7100

Alpha 6:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	85,67143	96,25	108,595	125,5	132,34	146,66	159,65
entspannt	92,66667	101,51	110,43	118,35	133,543	142,4	156,83

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	25	121,285	17,5847	3,5169	114,03	128,54
entspannt	24	121,581	15,2191	3,1066	115,15	128,01

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	25	626	25,0400	0,010
entspannt	24	599	24,9583	-0,010

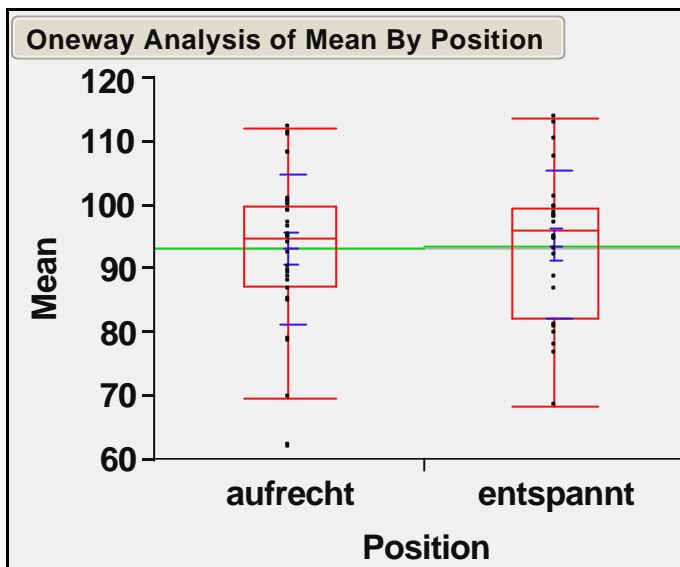
2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
599	-0,01000	0,9920

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0004	1	0,9840

Alpha 7:



Quantiles

Level	Minimum	10%	25%	Median	75%	90%	Maximum
aufrecht	61,88	74,954	87,25	94,76	99,92	109,062	111,78
entspannt	68,09	77,295	82,2875	95,79	99,515	111,36	113,47

Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
aufrecht	25	93,0160	11,8042	2,3608	88,143	97,889
entspannt	24	93,5392	11,8479	2,4184	88,536	98,542

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)

Level	Count	Score Sum	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
aufrecht	25	622	24,8800	-0,050
entspannt	24	603	25,1250	0,050

2-Sample Test, Normal Approximation

S	Z	Prob> Z
603	0,05000	0,9601

1-way Test, ChiSquare Approximation

ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
0,0036	1	0,9522

8.7 Fragebogen zur Erfassung relevanter Daten für die EMA- Messungen

Datum:

Name:

Vorname:

Straße:

PLZ:

Ort:

Geb.:

Telefonnr.:

1. Anamnese:

- Prä-, peri-, postnatale Auffälligkeiten: nein ja , welche:
- Stillen: nein ja , wie lange:
- Flasche, welcher Sauger: nein ja , wie lange:
- Schnuller, welcher: nein ja , wie lange:
- Feste Nahrung, ab wann:
- Essstörungen: nein ja
- Schluck-, Verdauungsprobleme: nein ja
- Entwicklungsstörung der Motorik:
(Verzögerung beim Laufen lernen, ...)
- Entwicklungsstörung des Sprechens: nein ja
- Lutschgewohnheiten, Habits: nein ja , welche:
- Auffälligkeiten in der Familie/Geschwister: nein ja , welche:

1.1 Allgemeinerkrankungen:

- Stoffwechselerkrankungen: nein ja , welche:
- Verdauungsprobleme: nein ja , welche:
- Adipositas: nein ja
- Größe:
- Gewicht:
- Allergien: nein ja , welche:

Asthma:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
HNO: häufige Erkrankungen:		
Tonsillenerkr., Adenoide:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Atmung:	MA <input type="checkbox"/>	NA <input type="checkbox"/>
Septumabweichung:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Nebenhöhlenerkr.:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Luftschlucken, Globusgefühl:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Muskeltonus Körperhaltung:		
Traumen:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> , welche:
Operationen:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> , welche:
Neurologische Befunde:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> , welche:
Verhalten, Psyche (Erkrank.):	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> , welche

2. Befunde:

2.1 Zahnmedizin:

Pflegezustand, Mundhygiene:

Okklusion:

Klasse:

Offener Biss: nein ja

Kreuzbiss: nein ja

Schneidezahnstufe (mm): vertikal:

saggital:

Diastema: nein ja

Protrusion, OK,UK: nein ja

Zungenband (eingeschränkte Beweglich.): nein ja

Lippenband (hoch ansetzend, ...): nein ja

LKG- Spalte: nein ja

Kiefergelenk (Auffälligkeiten): nein ja

SKD:

Mundöffnung:

 bogenförmig:

 s- förmig:

 termin. Abweichung:

Knirschen: nein ja

Pressen: nein ja

Orofazialer Schmerz: nein ja

Atmung: Mund
Nase
Mischatmung
Nasenlochtest (Spiegel): positiv negativ
Beim Schlafen:

Besonderheiten:

Zahnwechsel: normal verzögert

Sonstiges:

8.8 Probandeninformation

zur Analyse von Lippen- und Zungenbewegungen mittels elektromagnetischer Artikulographie

Ziel der durchzuführenden Untersuchung ist die Analyse von Lippen- und Zungenbewegungen bei Sprech- und Schluckbewegungen zur Untersuchung des Einflusses von muskulären Fehlfunktionen, Kieferfehlstellungen und deren Korrekturen auf die Lippen- und Zungenmotorik.

Aus der Studie werden neue Erkenntnisse über den Einfluss kieferorthopädischer, kieferchirurgischer und funktionsverbessernder Maßnahmen auf die Muskulatur im Lippen-, Zungen- und Kieferbereich erwartet, um die Stabilität kieferorthopädischer Behandlungsergebnisse zu verbessern.

Die Analyse der Bewegungen erfolgt mit der so genannten elektromagnetischen Artikulographie. Dabei werden zunächst auf die zu untersuchenden Stellen (Lippen, Zunge, Kiefer) kleine Empfängerspulen (Durchmesser: 3x2x1,5mm) geklebt, an denen jeweils ein dünnes Kabel befestigt ist. Die Kabel der Empfängerspulen werden am Messgerät angeschlossen. Ein Ablösen der Empfängerspulen während der Untersuchung kann es erforderlich machen, diese zu unterbrechen und die Spulen erneut wieder zu befestigen.

Anschließend wird auf den Kopf des Probanden ein Messhelm mit drei Senderspulen, welche elektromagnetische Felder ausstrahlen, aufgesetzt. Die dabei ausgestrahlten Felder bedeuten keinerlei Risiko für die zu untersuchende Person. Ein Verschlucken der Empfängerspulen ist durch die daran befestigten Kabel praktisch ausgeschlossen.

Während der Untersuchung werden bestimmte Sprech- und Schluckbewegungen aufgezeichnet. Die Untersuchungsdauer beträgt ca. 30min.

Am Untersuchungsende werden die Empfängerspulen wieder vorsichtig abgelöst, ohne dass dabei die Haut oder Schleimhaut verletzt wird. Möglicherweise kann durch verbliebene Klebereste die Tastempfindung an der Zunge bis zu 30min. beeinträchtigt sein.

Bei der Studie handelt es sich um eine so genannte offene Studie, bei der die Probanden nach bestimmten Krankheitskriterien bzw. als Kontrollgruppe gesunde Probanden ausgewählt werden.

Die Teilnahme an der Studie hat keinerlei Auswirkung auf die Art der durchgeführten therapeutischen Maßnahmen und ist für die zu untersuchende Person freiwillig. Der Proband hat das Recht, jederzeit und ohne Angabe von Gründen und ohne Benachteiligung bei der weiteren Behandlung aus der Studie auszuscheiden. Es wird darauf hingewiesen, dass das Arztgeheimnis gewahrt bleibt und Daten nur in anonymer Form weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.

Der Proband kann selbst erwägen, ob er für die oben genannten Ziele die aufgeführten Risiken auf sich nehmen will.

Einverständniserklärung:

Mit der Unterschrift erklärt sich der Unterzeichnende bereit, dass er über die Ziele der Studie, die Untersuchungsmethoden und deren Risiken, über die Freiwilligkeit der Teilnahme sowie die Möglichkeit, jederzeit und ohne Angabe von Gründen und ohne Benachteiligung bei der weiteren Behandlung aus der Studie ausscheiden zu können, ausreichend informiert, ausreichend informiert worden ist und keine weiteren Fragen mehr hat.

Datum, Unterschrift (Proband):

.....

Datum,

Unterschrift

(Untersucher):

.....

9. LEBENS LAUF

Name: Andrea Klink

Geburtsdatum: 26.10.1974

Geburtsort: Böblingen

Schulbildung: 1981-1985: Grundschule Schönaich

1985-1994: Gymnasium Böblingen

Abschluss: Abitur

Ausbildung: 1995-1999: Ausbildung zur Zahntechnikerin (Stuttgart)

Abschluss: Gesellenprüfung

Studium: 1999-2004: Studium der Zahnheilkunde an der Universität
Tübingen

2001: Zahnärztliche Vorprüfung

16.06.2004: Zahnärztliche Prüfung

Berufstätigkeit: Febr.- März 1999: Dentallabor Dottermann, Stuttgart

Seit 2004: wissenschaftliche Mitarbeiterin der Poliklinik
für Zahnärztliche Prothetik und Sektion für
Medizinische Werkstoffkunde und Technologie
(Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Heiner Weber)
am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheil-
kunde der Universität Tübingen.