

Einfluss der kieferorthopädischen Behandlung auf die Kaumuskelaktivität bei Klasse I:0 und Klasse II:1 Dysgnathien

Eine biometrische und elektromyographische Studie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde

des Fachbereichs Humanmedizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Andre Siemer

aus Barbel

Gießen 2003

**Einfluss der kieferorthopädischen Behandlung auf die Kaumuskelaktivität
bei Klasse I:0 und Klasse II:1 Dysgnathien**

Eine biometrische und elektromyographische Studie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde

des Fachbereichs Humanmedizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Andre Siemer

aus Barßel

Gießen 2003

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Kieferorthopädie
Direktor: Professor Dr. H. Pancherz
des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Pancherz

Gutachter: Prof. Dr. Dibbets

Tag der Disputation: 22.10.2003

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Kaumuskulatur	1
1.2	Elektromyographie	5
1.2.1	Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur	8
1.2.2	Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur in Bezug auf Funktionsstörungen	8
1.2.3	Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur in Bezug auf die Dysgnathien I und II:1	10
1.2.4	Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur in Bezug auf kieferorthopädische (KFO) Behandlungen	12
2	Ziel der Untersuchungen	17
3	Probandengut	18
4	Methoden	24
4.1	Modellanalyse	24
4.1.1	Definition vertikaler Okklusionsabweichungen	24
4.1.2	Definition transversaler Okklusionsabweichungen	25
4.1.3	Definition des Behandlungsergebnisses	27
4.2	EMG-Analyse	28
4.2.1	Elektroden und deren Platzierung	28
4.2.2	Aufzeichnung der Elektromyogramme	32
4.2.3	Auswertung der Elektromyogramme	33
4.3	Statistische Methode	35
5	Ergebnisse	36
5.1	Modellanalyse	36
5.1.1	Vertikale Okklusionsabweichungen	36
5.1.2	Transversale Okklusionsabweichungen	36
5.1.3	Behandlungsergebnis	37
5.2	EMG-Analyse	38
5.2.1	Geschlechtsvergleich	38
5.2.2	Rechts-Links Vergleich	41
5.2.3	Vergleich der Dysgnathiegruppen	43

5.2.4	Behandlungsveränderungen	46
5.2.5	Vergleich der Behandlungsmethoden	48
5.2.6	Vergleich der Frontzahnrelation – offen und tief	51
5.2.7	Vergleich der Behandlungsergebnisse	54
6	Diskussion	59
6.1	Probandengut	59
6.2	Methode	60
6.3	Ergebnisse	62
7	Schlussfolgerung	67
8	Zusammenfassung	68
9	Summary (Zusammenfassung in Englisch)	71
10	Literaturverzeichnis	73
	Danksagung	88
	Lebenslauf	89

1 Einleitung

Die Kieferorthopädie beschäftigt sich mit dem Erkennen, Verhüten und Behandeln von Dysgnathien. Alle Abweichungen, die sich im Verlauf einer regelwidrigen Entwicklung des Kauorgans ergeben, werden unter dem Begriff Dysgnathie zusammengefasst (*Schmuth, Vardimon 1994*). Das Kauorgan hat als Eintrittspforte zum Magen-Darm-Trakt die Aufgabe die Nahrung für die Verdauung vorzubereiten. Bei der Zerkleinerung handelt es sich vorwiegend um ein Zerquetschen der Nahrung durch die Seitenzähne, wobei die Nahrungspartikel durch Zunge und Wange immer wieder zwischen die Zahnreihen befördert werden. Die sogenannte Mastikation lässt sich dabei in zwei Phasen gliedern, die erste sogenannte präparatorische Phase, in der die vom Bolus abhängige, initiale Kraftsteuerung des Kausystems stattfindet, gefolgt von einer zweiten sogenannten Reduktionsphase, in der der Bolus zerkleinert wird (*Schindler et al. 1998*). Die benötigte Kaukraft wird von der Kaumuskulatur durch Kraftübertragung über den Kieferknochen auf die Zähne erzeugt. Nur bei einem Gleichgewicht aller am Kauakt beteiligten Strukturen des stomatognathen Systems ist die einwandfreie Funktion des Kauorgans gewährleistet (*Grosfeld 1961, Bakke 1993, Körber 1993, Nikolakis et al. 1998*). Somit ist es also für diagnostische und therapeutische Maßnahmen wichtig, neben der Interkuspitation der Zähne und der Kiefergelenke die Kaumuskulatur mit in die Untersuchung einzubeziehen. Die Elektromyographie hat sich dabei als Untersuchungsmethode der Kaumuskulatur in der Zahnmedizin bewährt (*Grosfeld 1965, Möller 1969*).

1.1 Kaumuskulatur

Die Kaumuskulatur hat die Aufgabe Halte- und Bewegungsfunktionen des Unterkiefers auszuführen. Die kleinste funktionelle Einheit des Kaumuskels stellt die motorische Einheit dar. Sie ist definiert als eine variabel große Anzahl von Muskelfasern, die alle von einem Motoneuron innerviert werden. Die Zahl der von einem Motoneuron versorgten Muskelfasern liegt dabei je nach Muskel zwischen 5 (z.B. äußere Augenmuskeln) und mehr als 1000 (z.B. M. temporalis) Fasern. Die Fasern haben beim Erwachsenen einen durchschnittlichen Durchmesser von 50µm. Die Aktionspotentiale werden durch Synapsen, die motorischen Endplatten, über den motorischen Nerv auf die Muskelfasern weitergeleitet. Eine motorische

Endplatte setzt sich aus der distalen Auftreibung des jeweiligen Nerven und dem darunter befindlichen Sarkolemm zusammen. Beide Strukturen grenzen an einen gemeinsamen Spalt, den synaptischen Spalt, über den mit Hilfe des Transmitters Acetylcholin das Aktionspotential auf das Sarkolemm der Muskelfaser weitergeleitet wird. Das Sarkolemm stellt die elektrisch erregbare Oberflächenmembran der Skelettmuskelzelle dar. Sie bildet mit ihren Einstülpungen, den transversal orientierten T-Kanälen und dem sarkoplasmatischen Retikulum die sogenannten Triaden. Durch diese Elemente wird das Aktionspotential rasch in das Innere der Muskelfaser weitergeleitet. Im Cytoplasma der Muskelzelle, Sarkoplasma genannt, liegen zahlreiche Myofibrillen mit einem Durchmesser von durchschnittlich 1 µm. Die Myofibrillen bestehen ihrerseits aus den Myofilamenten Aktin und Myosin. Sie stellen die eigentlichen Bausteine der Kontraktilität dar (*Ludin 1997*).

Die Kaumuskulatur, die für die Adduktion des Unterkiefers zuständig ist, umfasst die Musculi masseteres, Musculi temporales und Musculi pterygoidei mediales. Sie sind jeweils paarig angelegt. Die vorliegende Studie beschränkt sich auf die elektromyographische Untersuchung der Musculi masseteres (Pars superficialis) und Musculi temporales (Abbildung 1 und 2).

Der Musculus masseter (Abbildung 1) besteht aus einem oberflächlichen schrägen (Pars superficialis) und einem tiefen senkrechten Teil (Pars profunda). Der oberflächliche Teil entspringt am Unterrand des Jochbogens und inseriert an der Tuberositas masseterica im Bereich des Kieferwinkels. Die Pars profunda entspringt an der Innenfläche des Jochbogens und inseriert an der Außenfläche des aufsteigenden Unterkieferastes bis zur Höhe des Processus coronoideus.

Der Musculus temporalis (Abbildung 2) entspringt vom Planum temporale des Os temporale und der Fascia temporalis und setzt am Processus coronoideus des Unterkiefers an (*Platzer 1991, Waldeyer und Mayet 1993*). Im Bereich des Processus coronoideus können Fasern des Musculus masseter mit dem Musculus temporalis zusammenhängen.

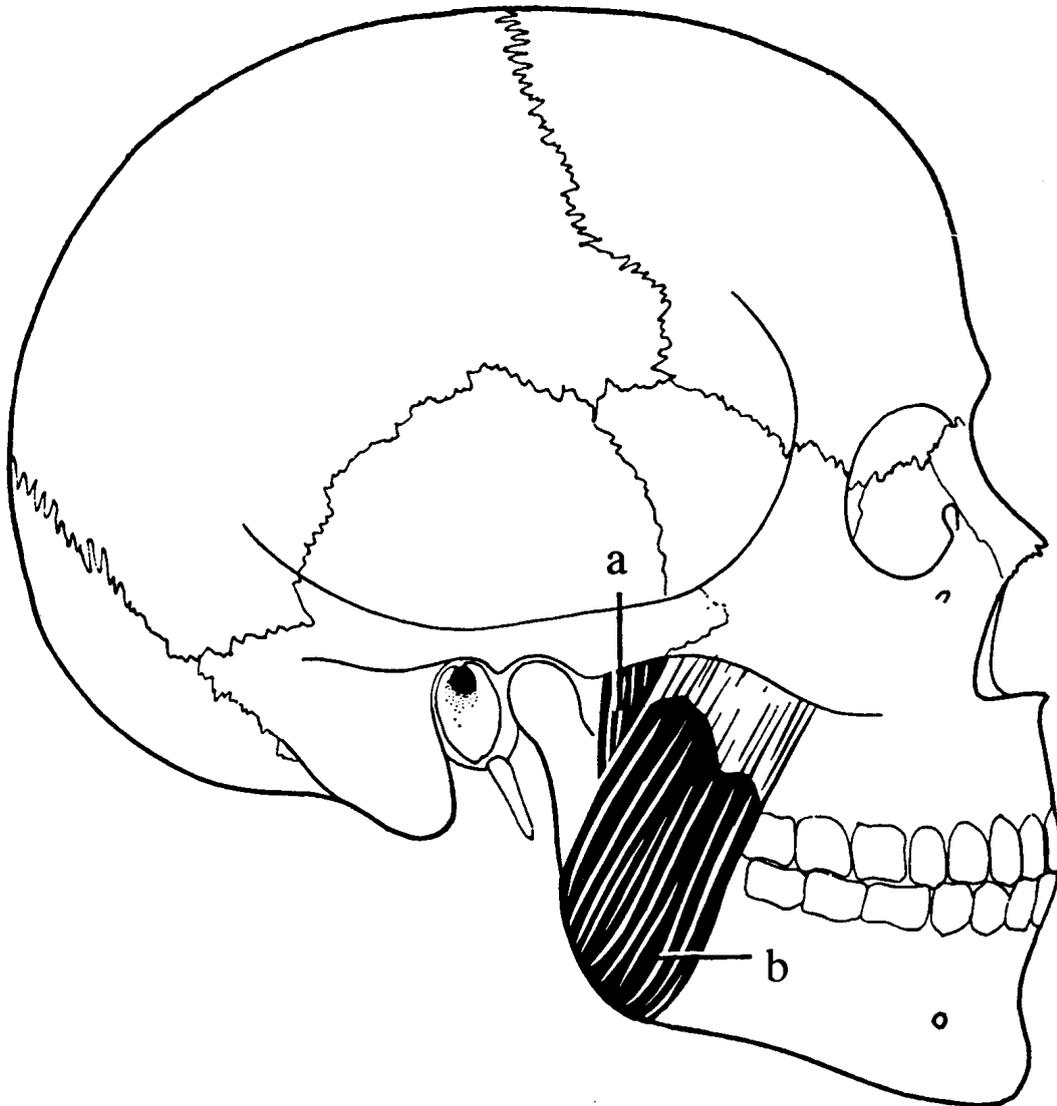


Abbildung 1. Darstellung des Musculus masseter (a: Pars profunda, b: Pars superficialis)
(Rohen 1994)

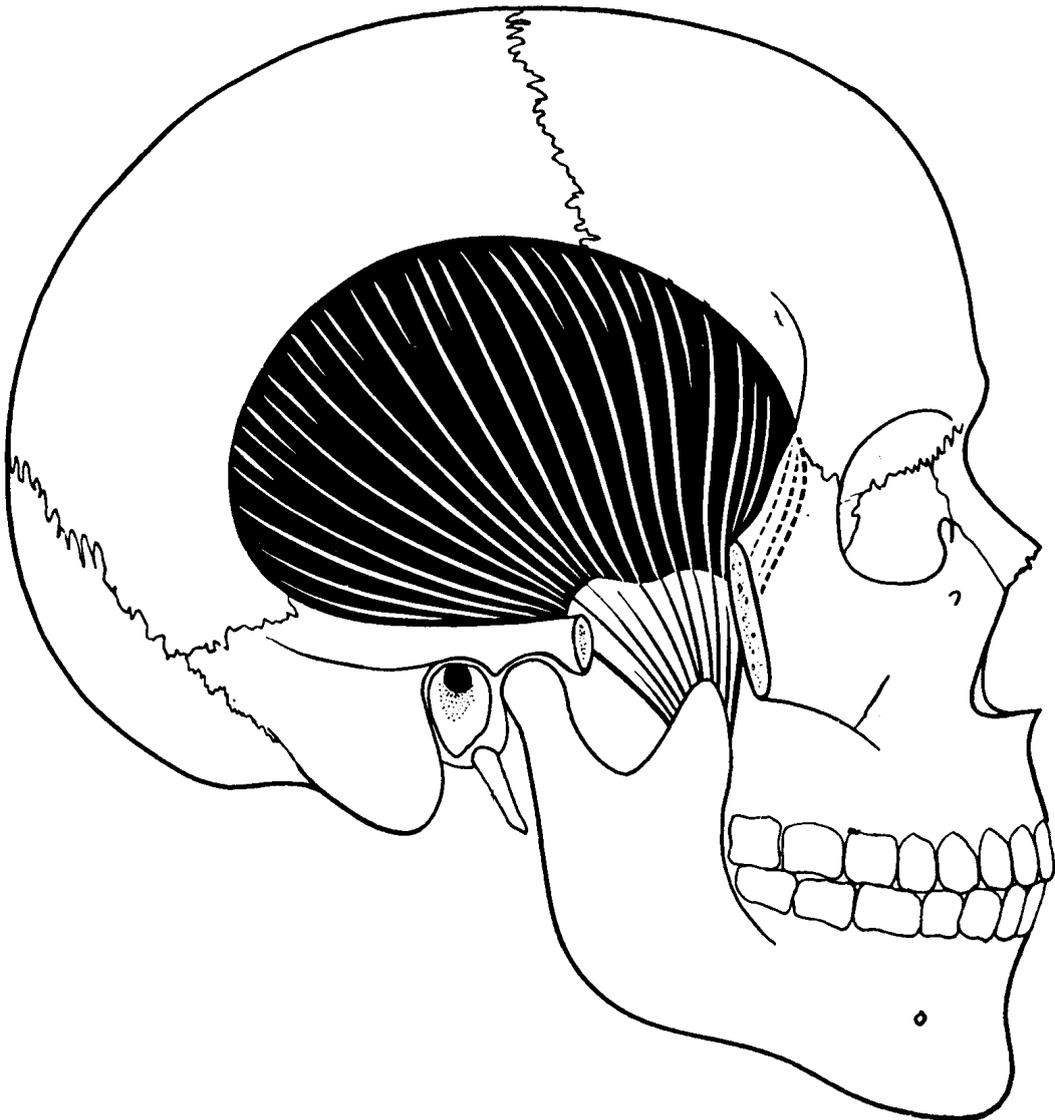


Abbildung 2. Darstellung des Musculus temporalis (Rohen 1994)

Musculus masseter und Musculus temporalis sind, wie schon erwähnt, für die Adduktion des Unterkiefers verantwortlich. Zudem ist der M. masseter bei der Protrusion und der M. temporalis bei der Retrusion aktiv (Bakke 1993). Bei unilateraler Kontraktion bewirken die Muskeln zusammen mit dem M. pterygoideus lateralis eine Laterotrusion des Unterkiefers.

1.2 Elektromyographie (EMG)

Im Jahr 1849 registrierte Du-Bois Reymond zum ersten Mal die elektrischen Vorgänge im menschlichen Muskel (*Ludin 1997*). In die Zahnmedizin führte *Moyers 1949* die EMG-Methode ein und seitdem haben sich in der Zahnheilkunde viele Forscher mit dem Thema Elektromyographie beschäftigt (*Moyers 1950, Grosfeld 1961, Ahlgren 1966, Möller 1966, Moss 1975a, Moss 1975b, Pancherz 1980, Ingervall und Britsanis 1986, Ludin 1997, Aggarwal et al. 1999, Greco et al. 1999*).

In der Elektromyographie macht man sich die Eigenschaft zu Nutze, dass man von den registrierten Aktionspotentialen als Ausdruck neuromuskulärer Erregung auf die Muskelaktivität Rückschlüsse ziehen kann. Diese Nervenimpulse haben ihren Ursprung in den Vorderhornzellen des Rückenmarkes, gelangen über den motorischen Nerv zu den motorischen Endplatten, um die mit ihnen verbundenen Muskelfasern zu erregen. Die Aktionspotentiale sind immer gleich große Signale, die nicht veränderbar sind. Eine Kraftabstufung ist, abgesehen von der Rekrutierung mehrerer motorischer Einheiten, nur über deren Frequenz möglich. Die Erregungswelle breitet sich mit einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von 3,5-5 m/sec entlang des Sarkolemms aus und initiiert die sogenannte elektromechanische Kopplung. Dabei ist im Augenblick der Erregung die Membran stark ionendurchlässig, was bei einem überschwelligem Reiz zu einem Aktionspotential führt. Das erregte Gewebe ist in diesem Moment elektrisch negativ gegenüber dem benachbarten nicht erregten Gewebe. Jeder Kontraktion läuft ein so entstandenes Aktionspotential voraus. Leitet man extrazellulär ab, wie es in der Elektromyographie üblich ist, dann registrieren die Elektroden die Aktionspotentiale, welche von den umgebenden Geweben fortgeleitet werden. Mit zunehmendem Abstand der Elektroden von den aktiven Fasern nimmt die Spannung durch den Gewebewiderstand deutlich ab (*Buchthal 1958, Bakke 1993, Körber 1993*).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Ausmaß einer Muskelkontraktion bestimmt wird und elektromyographisch gekennzeichnet ist durch die Zahl der innervierten motorischen Einheiten und die Frequenz derer Entladungen (*Körper 1993*). Die Spannung dagegen, also die registrierte Amplitude, ist weniger von der Kontraktion als vom Abstand der Elektroden von der aktiven Faser abhängig (*Kraft 1963*).

Die Aktionspotentiale werden bei elektromyographischen Untersuchungen mittels Elektroden abgeleitet. Je nach Untersuchung werden viele verschiedene Elektrodentypen verwendet (*Grosfeld 1961, Ludin 1997*). Grundsätzlich kann zwischen **Oberflächen- und Nadelelektroden** unterschieden werden. Die Potentialdifferenzen können mittels unipolarer Elektroden aufgenommen werden, wobei gegen eine andernorts positionierte indifferente Elektrode gemessen wird oder auch mit bipolaren Elektroden registriert wird, bei denen differente und indifferente Elektroden in einem Plättchen oder in einer Nadel integriert sind (*Ludin 1997*).

Oberflächenelektroden bestehen meistens aus runden oder rechteckigen Silber- oder Zinnplättchen. Sie werden über den Muskel auf die Haut angebracht. Mit den Oberflächenelektroden ist es möglich, die Aktivität größerer, oberflächlich gelegener Muskelbezirke darzustellen (*Grosfeld 1961, Kraft 1963, Bakke 1993, Ludin 1997, Greco et al. 1999*). Oberflächenelektroden geben einen guten Aktivitätsnachweis des untersuchten Muskels (*Kraft 1963*) und dessen charakteristische Funktionsmerkmale wieder (*Grosfeld 1961*). Mit den Oberflächenelektroden lässt sich eine gute Reproduzierbarkeit von EMG-Ergebnissen erzielen (*Komi und Buskirk 1970*). Nach Untersuchungen von *Cecere et al. (1996)* liefert ein erneutes Platzieren von Oberflächenelektroden keine statistisch signifikanten Unterschiede. Da das Applizieren der Elektroden nicht invasiv erfolgt, irritieren sie den Patienten kaum (*Grosfeld 1961, Kraft 1963, Greco et al. 1999*). Nachteilig bei diesem Elektrodentyp wäre anzuführen, dass die Hautimpedanz und ein höheres „Rauschen“ durch Interferenzen mit benachbarten Muskeln das elektromyographische Ergebnis beeinflussen können (*Ahlgren 1966, Greco et al. 1999*).

Die am meisten gebrauchte **Nadelelektrode** besteht aus einem feinen Platindraht, dessen Spitze als differente Elektrode dient und in einer Kanüle, die die indifferente Elektrode darstellt, liegt (konzentrische Nadelelektrode). Draht und Kanüle sind durch eine Isolierschicht voneinander getrennt. Der Außendurchmesser dieser Elektroden liegt zwischen

0,5-1mm. (*Ludin 1997*). Sie werden direkt in den Muskel appliziert und bieten die Möglichkeit einzelne funktionelle Einheiten des Muskels zu untersuchen (*Grosfeld 1961, Kraft 1963, Garnick 1975, Bakke 1993*), unabhängig von der Dicke des Muskels und der Hautimpedanz (*Greco et al. 1999*). Mit ihnen gelingt auch die Untersuchung tiefer gelegener Muskeln (*Grosfeld 1961, Greco et al. 1999*). Die EMG-Ableitung mit Nadelelektroden stellt eine invasive Untersuchungsmethode dar. Es ist daher notwendig steril zu arbeiten. Durch die auftretende Schmerzempfindung kann das Ergebnis beeinflusst werden (*Greco et al. 1999*). Generell ist es so, dass Nadelelektroden mehr Aktivität registrieren als Oberflächenelektroden (*Pancherz und Winnberg 1981*).

Elektromyographische Untersuchungen führen zu wertvollen Erkenntnissen über die Funktion des komplexen Wirkungsmechanismus des Kausystems (*Körber 1993*). Die Ableitungen sind dabei aber nicht als absolute Größen zu verstehen, sondern sie sollten zur Klärung von Grundfragen bei diagnostischen Problemstellungen und der Beurteilung von Behandlungsergebnissen eingesetzt werden (*Kraft 1963, Cecere et al. 1996*).

Das direkt abgeleitete EMG gibt zwar einen guten Überblick über die Muskelaktivität, eine quantitative und damit objektiv vergleichbare Auswertung ist mit dem direkt abgeleiteten EMG jedoch nicht möglich (*Buchholtz 1994*). Viele Untersucher nutzen zur Auswertung der Elektromyogramme die Integration der EMG-Daten über die Zeit (*Ralston 1961, Marx 1963, Ahlgren 1966, Möller 1969, Pancherz und Winnberg 1981, Körber 1993*). Hierbei werden die erhaltenen Registrate zunächst gleichgerichtet und dann die Flächen unter den Peaks in einem bestimmten Zeitintervall t aufsummiert (bestimmtes Integral). Nach Untersuchungen von *Pancherz und Winnberg (1981)* ist das integrierte EMG unter der Voraussetzung von standardisierten Messungen gut reproduzierbar.

1.2.1 Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur

Zahlreiche Untersuchungen sind durchgeführt worden, in denen man versucht hat eine Beziehung zwischen der elektromyographischen Aktivität der Kaumuskulatur und den okklusalen Verhältnissen zu finden. Dazu wurden in den meisten Studien die Aktivität der Mm. masseteres und Mm. temporales mittels Oberflächenelektroden untersucht.

1.2.2 Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur in Bezug auf Funktionsstörungen

Kraft (1963) untersuchte 103 kiefergelenkranke Patienten. Er stellte fest, dass sie in „Ruhe“ fast immer eine abnorme Erregung der Kaumuskulatur aufwiesen, die sich deutlich vom normalen Muskeltonus und von der üblichen Aktivität bei Willkürkontraktionen unterscheidet.

Ingervall und Egermark-Eriksson (1979) konnten bei 12 untersuchten Patienten mit einem Doppelbiss geringere Aktivitäten des M. temporalis in habitueller Interkuspitation im Vergleich zu einer Kontrollgruppe feststellen. Außerdem wurden in der Doppelbissgruppe längere Kauzyklen registriert, wofür die Autoren die okklusale Instabilität verantwortlich machten.

Wloch und Lakomski (1983) sahen die Ursachen von Myopathien in dem erhöhten Muskeltonus, den sie elektromyographisch belegen konnten. Nach ihrer Vorstellung verändert sich der Muskeltonus durch eine Retralposition des Unterkiefers infolge einer Muskeldehnung und einer erhöhten Entladungsfrequenz der Dehnungsrezeptoren.

Freesmeyer und Manns (1985) zeigten an Patienten mit experimentell eingebrachten Okklusionsstörungen, dass sich die elektromyographische Aktivität der Unterkieferelevatoren reflektorisch erniedrigt. Die Untersuchungen von *Freesmeyer et al. (1987)* und *Bakke et al. (1993)* unterstützten die Ergebnisse.

Manns und Schulte (1987) untersuchten 12 Patienten mit Gruppenführung auf der Arbeitsseite infolge exzentrischer Abrasion. Die elektromyographischen Ergebnisse belegten eine höhere Aktivität des M. temporalis auf der Schliffacettendominanzseite. Durch Balancekontakte wird das Aktivitätsverhalten des M. masseter beeinflusst. Die Untersuchungen führten bei den Autoren zum Schluss, dass die exzentrische Okklusion eine eindeutige Aktivitätsumprogrammierung der Unterkieferrelevatoren zur Folge hat.

Tschernitschik und Rossbach (1988) konnten in ihrer Untersuchung, in der sie den Einfluss okklusaler Interferenzen und psychische Einflüsse auf die Masseteraktivität untersuchten, ein Überwiegen der psychischen Einflüsse über vorhandene okklusale Einflüsse auf die Masseteraktivität zeigen. Die Studien von *Mc Glynn et al. (1989)* führten zu denselben Ergebnissen.

Nielsen et al. (1990) untersuchten 34 Patienten mit kranio-mandibulären Beschwerden und verglichen sie mit einer Kontrollgruppe von 17 symptomlosen Patienten. Es konnte gezeigt werden, dass palpationsempfindliche Muskeln eine geringere Aktivität aufwiesen.

Visser et al. (1992) stellten bei einer Bisserrhöhung und protrusiver Positionierung der Mandibula eine Abnahme der Temporalisaktivität fest. Die Autoren wiesen auf den therapeutischen Faktor dieses Effektes z.B. bei der Schientherapie hin.

Ruf et al. (1997) untersuchten die EMG-Aktivität der Mm. masseteres und Mm. temporales bei 15 Zahnmedizinstudenten unter dem Einfluss von experimentell erzeugtem Stress. Die Ergebnisse zeigten, dass unter Stress die EMG-Aktivität der Kaumuskeln deutlich zunimmt.

Yoshida (1997) veröffentlichten eine Studie, in der Patienten mit Diskusverlagerung untersucht wurden. Die EMG-Aktivitäten des M. masseter, M. temporalis, M. pterygoideus lateralis und M. digastricus venter anterior wurden aufgezeichnet und ausgewertet. Es stellte sich heraus, dass bei diesen Patienten die Bewegung des Kondylus durch die Steuerung des M. pterygoideus lateralis deutlich unkoordinierter verlief als bei einer Kontrollgruppe. *Yoshida* vermutete, dass dies die Ursache für eine Destabilisierung des Kondylus und des Discus sein und damit eine passive anteriore Verlagerung zur Folge haben könnte.

Penkner et al. (1999) examinierten 15 Patienten mit einem einseitigen Tinnitus und verglichen die gefundenen EMG-Werte mit denen einer Kontrollgruppe, die aus 15 gesunden Patienten bestand. Ziel der Untersuchungen war es folgende Hypothese zu überprüfen: „Es besteht eine gemeinsame nervale Versorgung der Kaumusculatur und des M. tensor tympani bzw. M. tensor veli palatini. Bei Hyperaktivität in der Kaumusculatur kann es dadurch zu einer reflektorischen Kontraktion in den beiden anderen Muskelgruppen kommen und damit sowohl einen Impedanzanstieg des Trommelfells als auch eine Öffnungsstörung der Tuba auditiva auslösen.“ Die Untersuchungen zeigten, dass die EMG-Aktivitäten des M. masseter und M. temporalis in der Ruheschwebelage bei den Patienten mit Tinnitus auf der betroffenen Seite signifikant höher war. Im Tonaudio- und Tympanogramm konnte aber kein Anstieg des Muskeltonus der Mm. tensores tympani und Mm. tensores veli palatini gefunden werden. Die Autoren folgerten daraus, dass die neuromuskuläre Hypothese nicht bestätigt werden könne.

1.2.3 Elektromyographische Untersuchungen der Kaumusculatur in Bezug auf die Dysgnathien I und II:1

Moyers (1949) führte die erste elektromyographische Untersuchung der Kaumusculatur in Bezug auf Dysgnathien durch. Er examinierte 16 Kinder mit einer Klasse II:1 Dysgnathie und fand heraus, dass die posterioren Anteile des M. temporalis erhöhte EMG-Aktivitäten aufwiesen. Moyers folgerte daraus, dass durch eine Dysgnathie das „EMG-Muster“ verändert werde.

Grosfeld (1961) fand heraus, dass bei Patienten mit normaler skelettaler Morphologie in Ruhelage des Unterkiefers keine und beim Kauen eine gleichmäßige elektrische Aktivität des M. temporalis und M. masseter zu verzeichnen war. Bei Patienten mit Rücklage des Unterkiefers änderte sich das Bild. In Ruhelage konnte eine Temporalisaktivität und beim Kauen eine reduzierte Masseteraktivität abgeleitet werden. Bei Patienten mit prognem Überbiss ergab sich in der Ruheposition keine Abweichung vom „normalen“ Muster, während sich beim Kauen eine reduzierte Temporalisaktivität ableiten ließ. *Grosfeld* zog aus diesen Untersuchungen den Schluss, dass sich mit Hilfe der Elektromyographie das klinische Bild der saggitalen Okklusionsabweichungen erklären lässt und folgerte daraus, dass die Wiederherstellung des Gleichgewichtes der Kaumuskelaktivität ein zentraler Ansatzpunkt in der Behandlung sei.

Ahlgren et al. (1973) untersuchten 30 Patienten, wovon 15 Patienten eine Klasse I und 15 Patienten eine Klasse II:1 Dysgnathie aufwiesen. Tendenziell waren die EMG-Aktivitäten in der Klasse I Gruppe etwas größer als in der Klasse II:1 Gruppe. In der Ruhelage war die elektrische Aktivität bei beiden Dysgnathiegruppen für die posterioren Teile des M. temporalis am größten. Die Verfasser zogen daraus den Schluss, dass der posteriore Teil des M. temporalis, unabhängig vom Typ der Okklusion, die Aufgabe hat, die Mandibula in der Ruhelage in Position zu halten.

Moss (1975a) führte eine elektromyographische Untersuchung durch, an der insgesamt 138 Patienten mit verschiedenen sagittalen Okklusionsabweichungen teilnahmen und mit einer Klasse I Referenzgruppe verglichen wurden. Er kam zu den Ergebnissen, dass Klasse II:1 Probanden eine erhöhte anteriore Temporalisaktivität, Klasse II:2 Probanden eine erhöhte anteriore und posteriore Masseteraktivität und Klasse III Probanden eine geringere anteriore Masseteraktivität gegenüber den untersuchten Klasse I Probanden hatten. Der Autor folgerte aus seinen Untersuchungen, dass Dysgnathien aufgrund ihrer „EMG-Muster“ voneinander unterschieden werden können.

Pancherz (1980a) verglich die EMG-Aktivitäten von 23 Jungen mit einer Klasse I und 23 mit einer Klasse II:1 Dysgnathie. Während des maximalen Zusammenbeißen zeigten M. masseter und M. temporalis eine geringere Aktivität in der Klasse II:1 Gruppe, wobei die Unterschiede zur Klasse I bei dem Masseter groß waren. Während des Kauens konnte für den M. temporalis kein Unterschied zwischen den Dysgnathiegruppen festgestellt werden. Aber auch hier zeigte der M. masseter geringere Aktivitäten in der Klasse II:1 Gruppe als in der Klasse I Gruppe.

Pancherz (1980b) konnte bei einem Vergleich von 23 Jungen im Alter von 10-13 Jahren und 21 Männern im Alter von 23-33 Jahren, alle mit normaler Okklusion (Klasse I), zeigen, dass die Masseteraktivität in der Gruppe der älteren Probanden beim maximalen Zusammenbeißen und während des Kauens signifikant größer war als in der Gruppe der jüngeren Probanden. Für den M. temporalis konnten keine signifikanten Aktivitätsunterschiede zwischen den beiden Gruppen gefunden werden.

Lowe et al. (1983) studierten anhand eines Probandengutes von 20 Klasse II:1 Dysgnathien die Zusammenhänge zwischen der Aktivität des M. masseters, M. temporalis und M. orbicularis oris und der craniofazialen Morphologie. Für die Ruheposition des Unterkiefers offenbarte die Untersuchung große anteriore Temporalisaktivitäten bei flachem Gaumen und großer Ramushöhe und große Masseteraktivitäten bei Probanden mit steiler stehenden oberen Frontzähnen. Für das maximale Zusammenbeißen konnten keine Zusammenhänge gefunden werden.

Weiterhin untersuchten auch *Lowe und Takada (1984)* insgesamt 55 Patienten mit Klasse I, II:1 und II:2 Dysgnathien auf die Zusammenhänge zwischen der Aktivität des M. masseters, M. temporalis und M. orbicularis oris und der craniofazialen Morphologie. Sie konnten bei den Klasse II:2 Probanden eine erhöhte Aktivität des M. orbicularis oris in Ruheposition des Unterkiefers und eine verringerte Aktivität im anterioren Anteil des M. temporalis während des maximalen Zusammenbeißen im Vergleich zu den Klasse II:1 Probanden feststellen.

In der elektromyographischen Studie von *Degouchi et al. (1994)* wurden 20 Klasse I Frauen in einem Alter von 19-27 Jahren mit 20 Klasse II:1 Mädchen in einem Alter von 10-17 Jahren verglichen. Die Untersuchung lieferte folgende Ergebnisse: Beim Kauen von Kaugummi zeigten sich in der Klasse I Gruppe höhere EMG-Werte auf der Arbeitsseite als auf der Balanceseite. Dabei waren die Differenzen beim M. masseter größer als beim M. temporalis. In der Klasse II:1 Gruppe zeigten M. masseter und M. temporalis auf der Arbeitsseite ähnliche elektrische Aktivitäten wie in der Klasse I Gruppe, die EMG-Aktivitäten auf der Balanceseite waren jedoch gegenüber der Klasse I Gruppe erhöht.

1.2.4 Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur in Bezug auf kieferorthopädische (KFO) Behandlungen

Moyers (1949) befasste sich in der schon erwähnten Studie auch mit dem Einfluss einer kieferorthopädischen Behandlung von Klasse II:1 Dysgnathien auf das „EMG-Muster“. Er konnte feststellen, dass nach der Behandlung bei einigen Patienten die posterioren Anteile des M. temporalis keine erhöhten Aktivitäten mehr aufwiesen und sich das „EMG-Muster“ an das der Klasse I Vergleichsgruppe annäherte. Bei anderen Patienten konnten keine Veränderungen des „EMG-Musters“ durch die Behandlung festgestellt werden. *Moyers*

machte für diesen Unterschied die Ätiologie der Distalbitse verantwortlich (dental oder skelettal bedingt). Er zog den Schluss aus seinen Untersuchungen, dass eine kieferorthopädische Behandlung das „EMG-Muster“ verändern könne.

Ahlgren (1966) untersuchte anhand von insgesamt 80 Kindern mit unterschiedlichen Dysgnathieklassen die EMG-Aktivität des M. temporalis und M. masseter. Er konnte schwache Zusammenhänge zwischen der Morphologie des Unterkiefers und der EMG-Aktivität finden.

Die elektromyographischen Untersuchungen von *Möller (1966)* anhand eines Probandenguts von 36 männlichen Patienten zeigten, dass bei Patienten mit prognem Unterkiefer und anteriorer Neigung der Mandibula größere Masseteraktivitäten registriert werden konnten. Ein großer Overbite war, so *Möller*, mit größeren Aktivitäten des posterioren M. temporalis während des Beißens und Kauens und der Oberlippenmuskulatur beim Kauen assoziiert.

Moss (1975a) führte in seiner bereits erwähnten Studie auch elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskelaktivität nach kieferorthopädischer Behandlung durch. Er kam zu dem Ergebnis, dass sich die „EMG-Muster“ der Dysgnathiepatienten größtenteils an die der Klasse I Vergleichsgruppe annäherten, was sich, so *Moss*, am deutlichsten bei den Klasse II:1 Patienten, die mit einem Aktivator behandelt wurden, darstellte.

Simpson (1977) konnte bei einer Untersuchung von 21 Patienten mit einer Klasse II:1 Dysgnathie nachweisen, dass nach der kieferorthopädischen Behandlung die EMG-Aktivitäten der perioralen Muskulatur in Lippenschlussposition deutlich reduziert waren. Es konnte aber kein Zusammenhang zwischen der Abnahme der EMG-Aktivität und der Verkleinerung des Überbisses durch die kieferorthopädische Behandlung festgestellt werden.

Ahlgren (1978) führte eine EMG-Studie durch, in der 20 Kinder in einem Alter zwischen 8 und 16 Jahren mit einem Aktivator nach *Andrésen* und *Häupl (1936)* behandelt wurden. Er fand bei eingesetztem Aktivator reduzierte EMG-Aktivitäten des M. temporalis und unveränderte Aktivitäten des M. masseters. Beim nächtlichen Tragen konnten keine Aktivitätszunahmen registriert werden. Wurde der Aktivator morgens von den Patienten aus dem Mund entfernt, zeigten elektromyographische Aufzeichnungen erhöhte Temporalisaktivitäten und reduzierte Masseteraktivitäten. *Ahlgren* schloss aus den

Ergebnissen seiner Untersuchungen, dass bei eingesetztem Aktivator tagsüber die Protraktoren stimuliert und die Retraktoren gehemmt werden. Nachts, so *Ahlgren*, wirkt der Aktivator durch die passive Dehnung der Retraktoren. Wurde der Aktivator nach dem nächtlichen Tragen herausgenommen, zeigte das EMG erhöhte Aktivitäten des M. temporalis und reduzierte Aktivitäten des M. masseter bei geschlossenem Mund. *Ahlgren* erklärte diesen Befund dadurch, dass die Mandibula während des Kieferschlusses reflektorisch retrudiert wird, um okklusale Interferenzen nach veränderter Unterkieferlage durch den Aktivator zu vermeiden. Nach einigen Stunden entstand jedoch wieder ein ausgeglichenes EMG-Muster.

Freeland (1979) untersuchte 18 Patienten, die mit einem Funktionsregler nach *Fränkel (1984)* behandelt wurden. Seine Studie brachte als Ergebnis, dass die elektromyographischen Aktivitäten der untersuchten Muskeln (M. masseter, M. orbicularis oris und suprahyale Muskulatur) in Vergleich zu einer Klasse I Referenzgruppe bei der Klasse II:1 Gruppe abnahmen und bei der Klasse III Gruppe zunahmen.

Pancherz und Anehus-Pancherz (1980) untersuchten 10 Jungen, deren Klasse II:1 Dysgnathie mit einer Herbst Apparatur (*Herbst 1910*) behandelt worden war. Die Ergebnisse ihrer Untersuchung zeigten folgendes: Vor Beginn der kieferorthopädischen Behandlung wies der M. masseter geringere Aktivitäten als der M. temporalis auf. Unmittelbar nach dem Einsetzen der Apparatur zeigte sich eine erhebliche Reduzierung der Muskelaktivität. Als nach 6 Monaten die Apparatur entfernt wurde, lieferten EMG-Registrate höhere elektrische Aktivitäten für beide Kaumuskeln als vor der Behandlung, wobei die Zunahme für den M. masseter am größten war. Die Autoren vermuteten, dass die normalisierte saggitale Lagebeziehung der Kiefer nach der kieferorthopädischen Behandlung für die Aktivitätszunahme verantwortlich gemacht werden könne.

Ingervall und Britsanis (1986) beobachteten 15 Kinder mit einer Klasse II:1 Dysgnathie während der ersten 6 Monate einer Aktivatorbehandlung. Ihre Untersuchung brachte das Ergebnis, dass sich die EMG-Aktivität des M. masseter und M. temporalis bei eingesetztem und herausgenommenem Aktivator nicht voneinander unterschied. Die posteriore Temporalisaktivität in Ruhelage des Unterkiefers nahm während des Beobachtungszeitraumes signifikant ab. Dies wurde als Adaptation an eine neue Unterkieferlage gedeutet.

Miralles et al. (1988) fanden bei einer Untersuchung von 15 Kindern mit einer Klasse II:1 Dysgnathie heraus, dass die EMG-Aktivitäten des M. masseters und M. temporalis beim Schlucken signifikant größer sind, wenn der Aktivator eingesetzt ist.

Bakke und Paulsen (1989) hingegen konnten in ihrer Fallbeschreibung über einen 17-jährigen männlichen Klasse II:1 Patienten keine Aktivitätserhöhungen des M. masseters nach der Behandlung mit einer Herbst-Apparatur feststellen. Sie ermittelten dagegen eine Reduktion der Masseteraktivität um 40% beim maximalen Zusammenbeißen.

Ingervall und Thüer (1991) untersuchten 39 kieferorthopädisch behandelte Klasse II:1 Dysgnathien über einen Zeitraum von einem Jahr. Die elektromyographischen Untersuchungen am M. temporalis zeigten, dass nach einem Jahr in Ruheposition keine Aktivitätsveränderung zu verzeichnen war. Während des maximalen Zusammenbeißen war nach diesem Zeitraum eine signifikante Aktivitätsabnahme im posterioren Temporalismuskel zu sehen.

Aggarwal et al. (1999) untersuchten 10 Klasse II:1 Mädchen im Alter von 9-12 Jahren. Sie wurden elektromyographisch während einer kieferorthopädischen Behandlung mit einem „Twin-block“-Gerät (*Clark 1995*) über einen Zeitraum von 6 Monaten untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass nach 6 Monaten die Aktivitäten des M. masseter und des anterioren M. temporalis zugenommen hatten. Die Autoren waren der Meinung, dass eine erhöhte myostatische Reflexaktivität der Unterkiefererlevatoren durch die Dehnung der Muskelfasern dafür verantwortlich gemacht werden könnte.

Störmer und Panherz (1999) untersuchten elektromyographisch die periorale Muskulatur und die Kaumuskulatur bei 20 kieferorthopädischen Patienten mit offenem Biss und atypischem Schluckmuster und verglichen diese mit einer Kontrollgruppe mit normalem Überbiss und normalem Schluckmuster. Sie stellten fest, dass während des Schluckens große EMG-Aktivitäten der perioralen Muskulatur und geringe Masseter- und Temporalisaktivitäten zu verzeichnen waren. Eine Normalisierung des Schluckmusters durch die kieferorthopädische Behandlung konnte nicht beobachtet werden.

Uner et al. (1999) verglichen die EMG-Aktivitäten des M. temporalis und M. masseter zu Beginn und nach funktionskieferorthopädischer Therapie mit einem Aktivator anhand einer Behandlungsgruppe von 12 Probanden und einer Kontrollgruppe von 9 Probanden. Die Vergleiche der EMG-Aktivitäten vor und nach der KFO-Behandlung lieferten für keine der untersuchten Kaumuskeln und für keine der untersuchten Funktionszustände statistisch signifikante Unterschiede.

Die elektromyographische Studie von *Leung und Hägg (2001)* beschäftigte sich mit dem Einfluss der kieferorthopädischen Behandlung mit einer Herbst-Apparatur auf die EMG-Aktivität von M. masseter und M. temporalis. Hierzu wurden 11 Jungen und 3 Mädchen in einem Alter zwischen 10 und 15 Jahren mit einer Klasse II:1 Dysgnathie über einen Zeitraum von 6 Monaten examiniert. Die Untersuchung zeigte eine signifikante Aktivitätszunahme am M. masseter, während am M. temporalis nach diesem Zeitraum keine Aktivitätsveränderungen zu verzeichnen waren. Die Autoren wiesen weiter darauf hin, dass sich durch die sechsmonatige Behandlung die Aktivitätsunterschiede zwischen rechtem und linkem Kaumuskel vor allem am M. masseter deutlich reduzierten. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass sich die KFO-Behandlung mit einer Herbst-Apparatur günstig auf die Kaumuskulatur auswirkt.

Aus der dargelegten Übersicht von EMG-Untersuchungen ist ersichtlich, dass eine Vielzahl der Ergebnisse nicht übereinstimmt. Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass die Studien häufig nicht miteinander verglichen werden können, da verschiedene Ableit- und Aufzeichnungstechniken der EMG-Aktivitäten verwendet wurden.

Untersuchungsergebnisse anhand eines größeren Probandengutes über die Zusammenhänge zwischen EMG-Aktivität der Kaumuskulatur und kieferorthopädischer Behandlungsergebnisse liegen bisher nicht vor.

2 Ziel der Untersuchungen

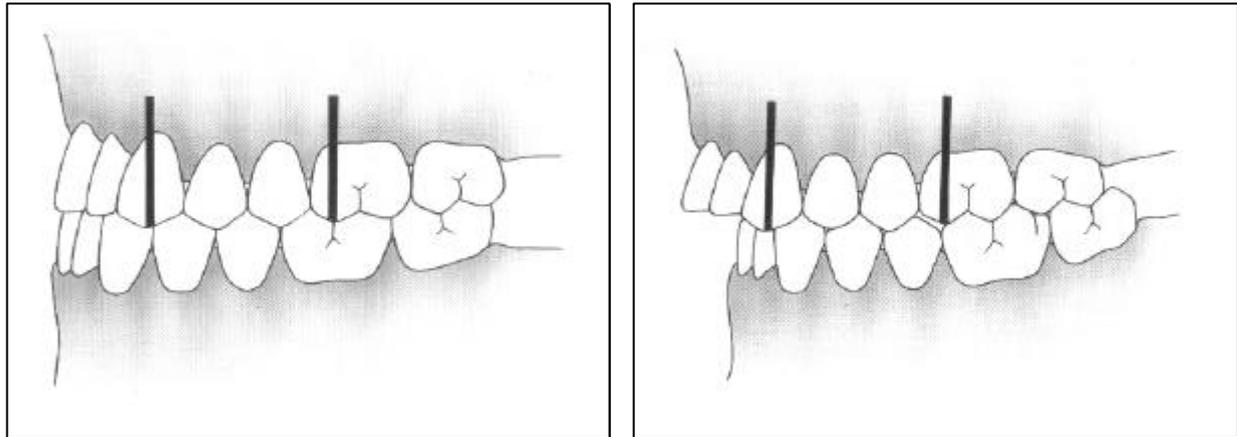
Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die elektromyographische Aktivität der Mm. temporales und masseteres bei Dysgnathiepatienten der Klasse I:0 und II:1 vor und nach kieferorthopädischer Behandlung zu untersuchen und die Resultate zu den Okklusionsverhältnissen vor der Behandlung und dem Behandlungsergebnis in Verbindung zu bringen.

Dabei sollten im Einzelnen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Liegen Unterschiede in der elektromyographischen Kaumuskelaktivität der Mm. temporales und masseteres zwischen den Dysgnathieklassen I:0 und II:1 vor?
2. Ändert sich die elektromyographische Kaumuskelaktivität durch die kieferorthopädische Behandlung?
3. Wirkt sich die Wahl der Behandlungsmethode auf die elektromyographische Kaumuskelaktivität aus?
4. Besteht ein Zusammenhang zwischen der elektromyographischen Kaumuskelaktivität und den vertikalen und transversalen Okklusionsverhältnissen von der Zeit vor der Behandlung?
5. Gibt es Zusammenhänge zwischen der elektromyographischen Kaumuskelaktivität und dem Behandlungsergebnis?

3 Probandengut

Die Untersuchung erfolgte an Probanden der kieferorthopädischen Abteilung der Justus-Liebig-Universität Gießen, die eine Klasse I:0 Dysgnathie oder eine Klasse II:1 Dysgnathie (Pancherz 2000) aufwiesen (Abbildung 1).



Klasse I:0

Klasse II:1

Abbildung 1. Darstellung der Klassen **I:0** (Neutrale Zahnbogenrelation und normaler Overjet) und **II:1** (Distale Zahnbogenrelation und vergrößerter Overjet)

Voraussetzung für die Auswahl der Probanden war eine erfolgreich abgeschlossene Behandlung (akzeptabel, gut, ausgezeichnet), beurteilt nach der Methode von Ahlgren (1988) und ein vorhandenes Elektromyogramm (EMG) von vor Beginn der kieferorthopädischen Behandlung. Patienten, die sich in Retention befanden, wurden dabei als abgeschlossen betrachtet. Es kamen somit 195 Patienten in Frage. Diese Probanden wurden zu einer zweiten EMG Untersuchung einbestellt.

Da 92 nicht zur Nachuntersuchung erschienen, ergab sich ein endgültiges Probandengut von 103 Personen. Diese verteilten sich auf die beiden Dysgnathiegruppen wie in Abbildung 2 dargestellt. Die aktive Behandlungsdauer bei den weiblichen Probanden betrug im Durchschnitt 2 Jahre und 11 Monate und bei den männlichen Probanden 2 Jahre und 8 Monate. Die Verteilung der Probanden in Bezug auf die Behandlungszeit ist in Abbildung 3

zu sehen. Die zur Anwendung gekommenen Behandlungsmethoden wurden eingeteilt in (Tabelle 1):

- Konventionelle (z.B. Plattengeräte, Aktivatoren, Multibracketapparaturen)
- Herbst (Herbst-Apparatur gefolgt von einer Multibracketapparatur)

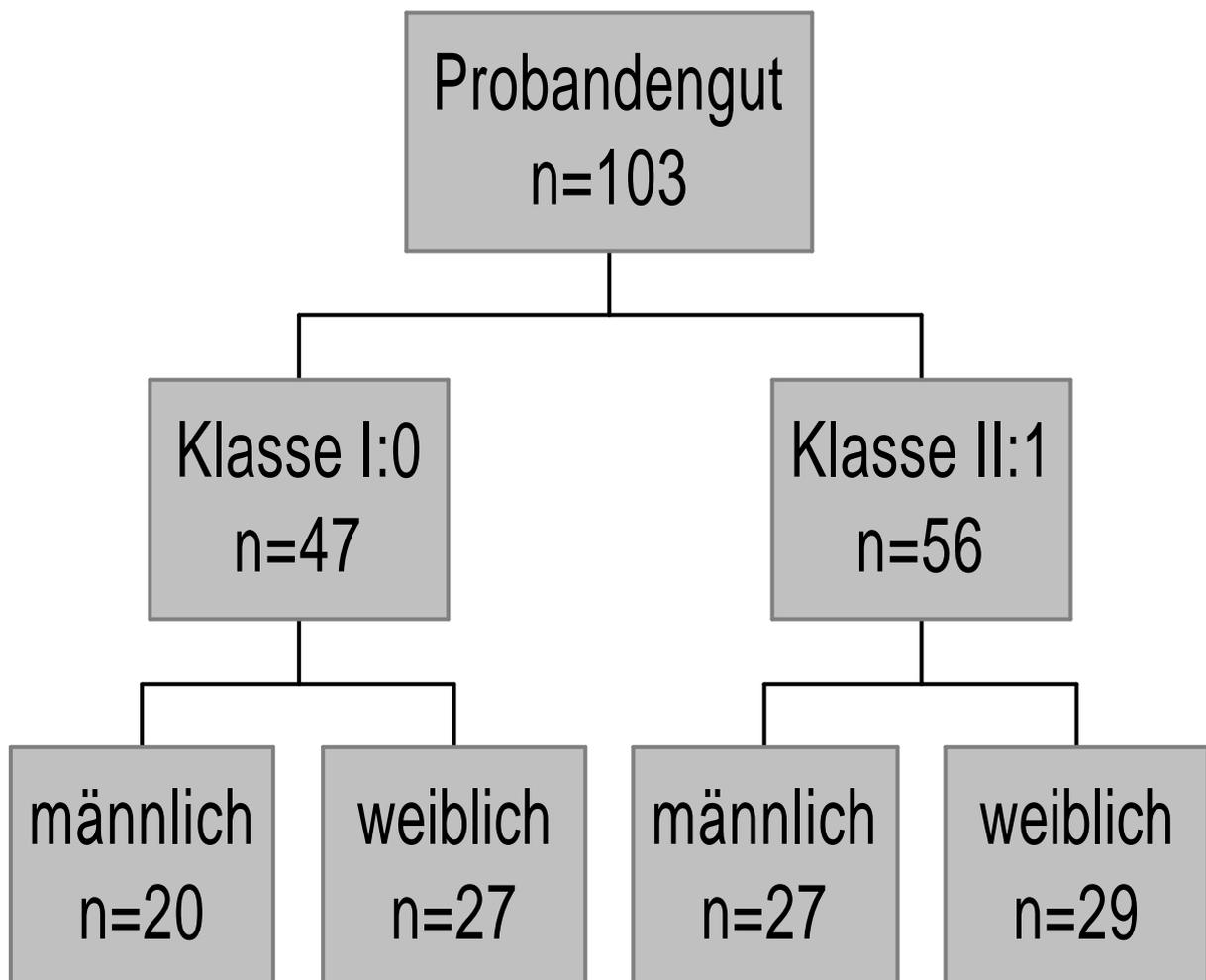


Abbildung 2. Verteilung der 103 Probanden in Bezug auf Dysgnathie (Klasse I:0 und II:1) und Geschlecht

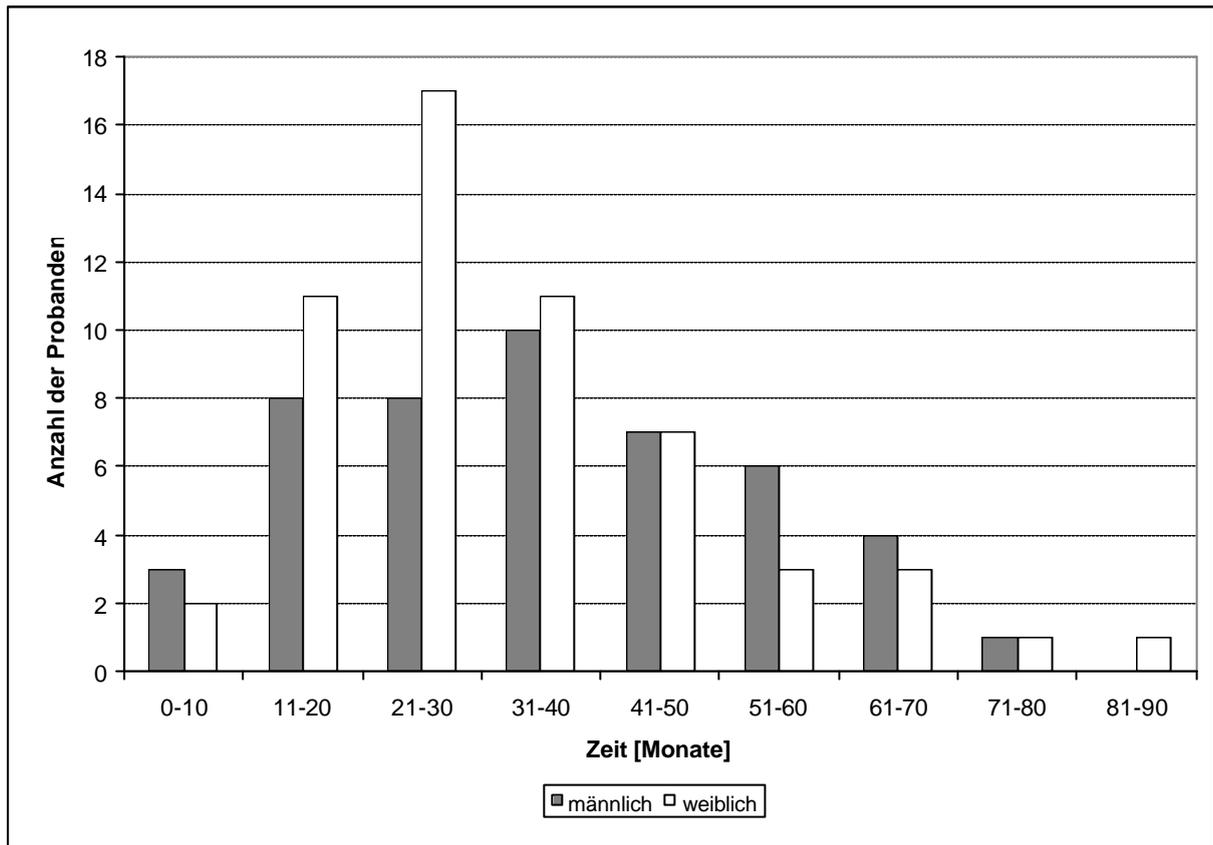


Abbildung 3. Behandlungszeit der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche)

Behandlungs- methoden	Klasse I:0 (n=47)		Klasse II:1 (n=56)	
	m	w	m	w
Konventionell	19	28	19	22
Herbst	0	0	8	7

Tabelle 1. Verteilung der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche) in Bezug auf Dysgnathie (Klasse I:0 oder II:1) und Behandlungsmethode (Konventionell oder Herbst)

Abbildung 4 zeigt die Altersverteilung der Probanden zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung. Die weiblichen Probanden waren durchschnittlich 12,0 Jahre und die

männlichen 10,9 Jahre alt. Abbildung 5 zeigt die Altersverteilung der Probanden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Die weiblichen Probanden waren im Durchschnitt 18,5 Jahre und die männlichen 17,1 Jahre alt.

Der Zeitraum zwischen der aktiven kieferorthopädischen Behandlung und der Nachuntersuchung betrug bei den weiblichen Probanden im Durchschnitt 45,9 Monate und bei den männlichen 40,4 Monate. Die Verteilung der Probanden in Bezug auf den Nachuntersuchungszeitraum ist in Abbildung 6 dargestellt.

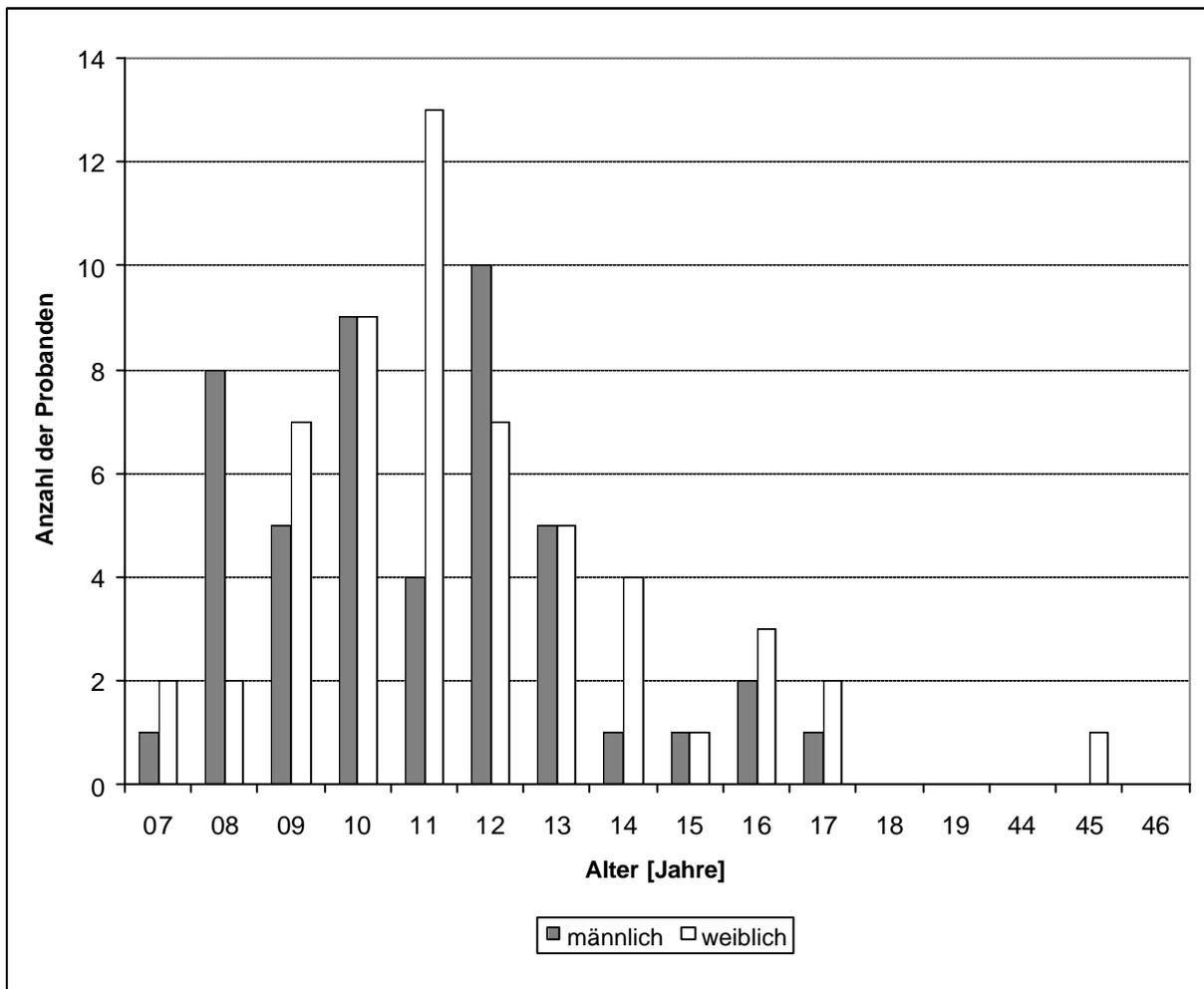


Abbildung 4. Altersverteilung der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche) zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung

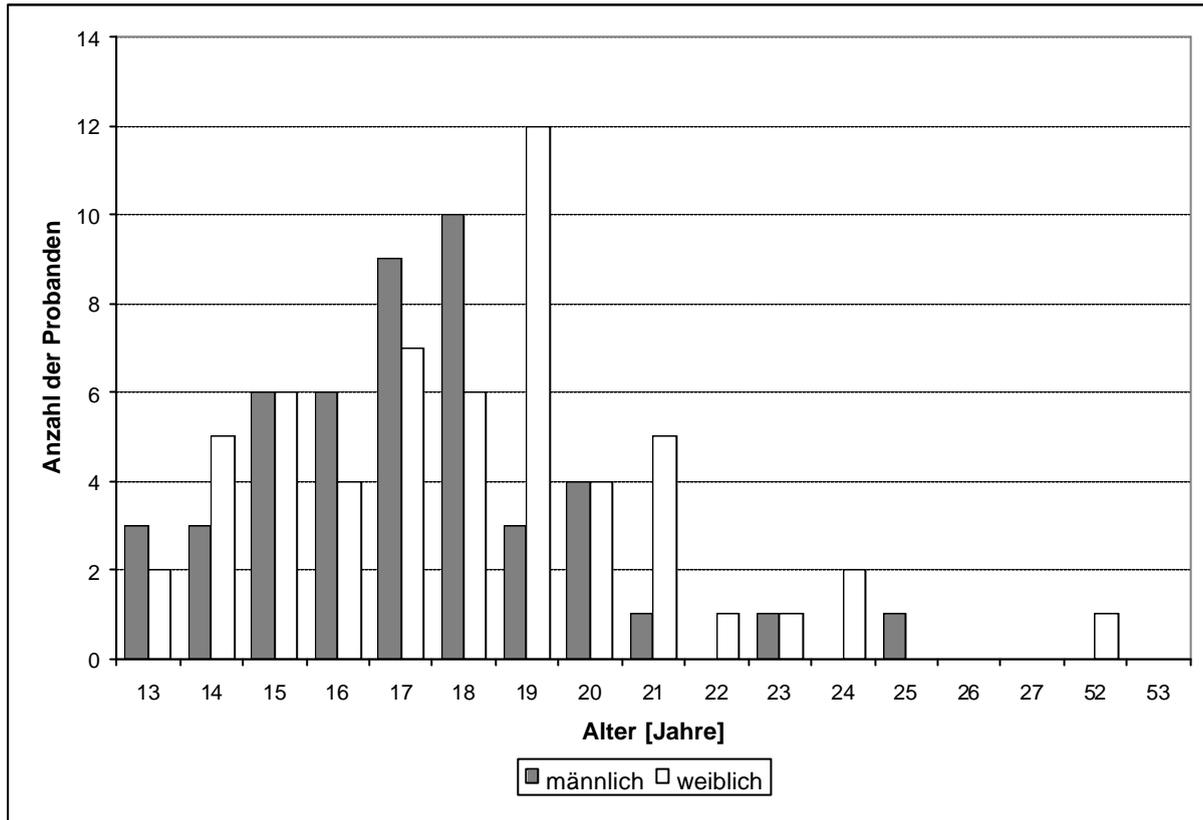


Abbildung 5. Altersverteilung der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

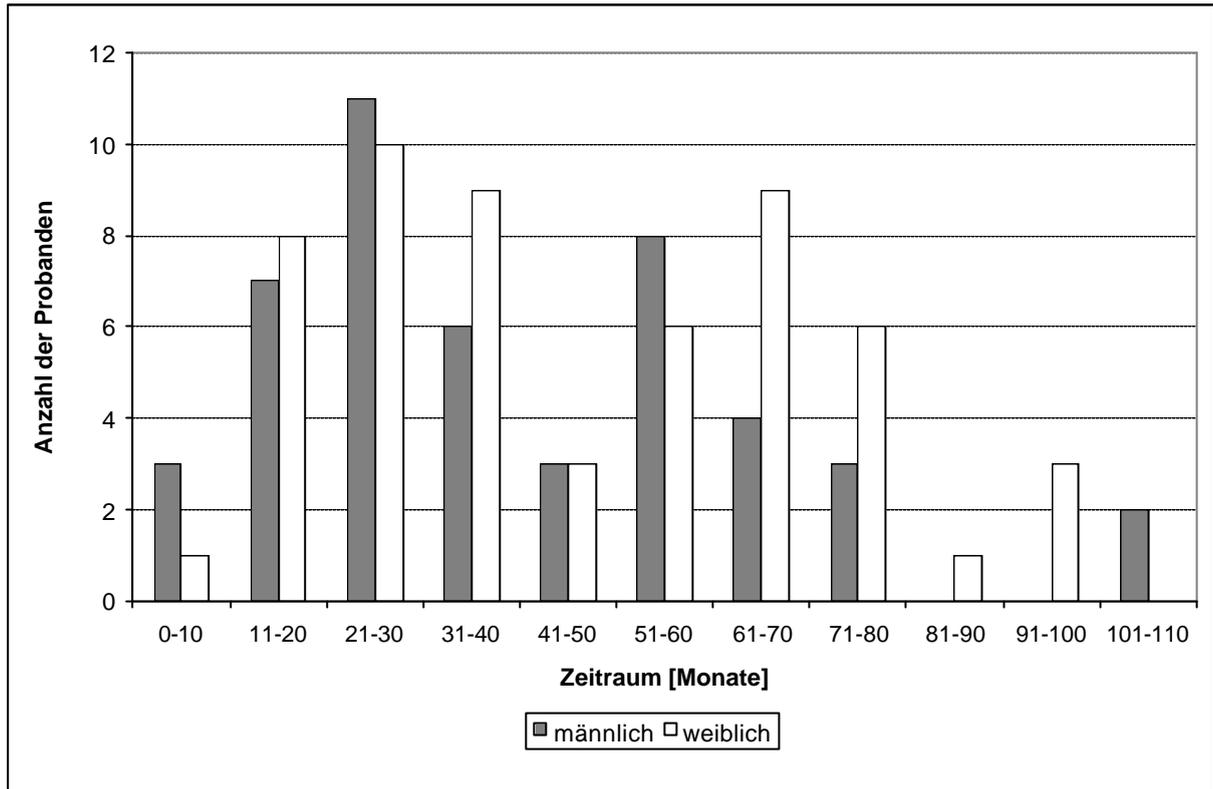


Abbildung 6. Nachuntersuchungszeitraum der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche)

4 Methoden

4.1 Modellanalyse

Von sämtlichen Probanden lagen kieferorthopädische Gebissmodelle von der Zeit vor der Behandlung und dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung vor.

Zum Zeitpunkt vor der Behandlung wurden die vertikalen und transversalen Okklusionsverhältnisse nach gängigen Kriterien (*Pancherz* 2000) beurteilt. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde das Behandlungsergebn nach der Methode von *Ahlgren* (1988) bewertet.

4.1.1 Definitionen vertikaler Okklusionsabweichungen

Offener Biss

Ein offener Biss wurde vermerkt, wenn kein Kontakt zwischen den oberen und unteren Frontzähnen vorlag. Der Overbite konnte dabei negativ (echter offener Biss) oder positiv (offener Biss mit Overbite) sein (Abbildung 1).

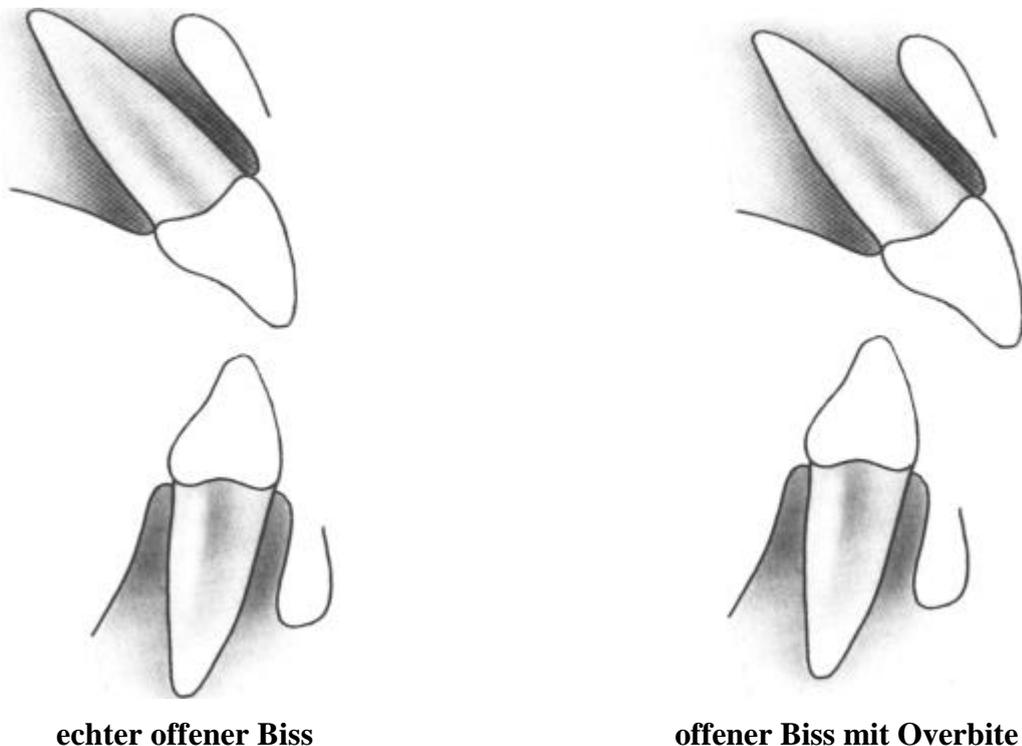
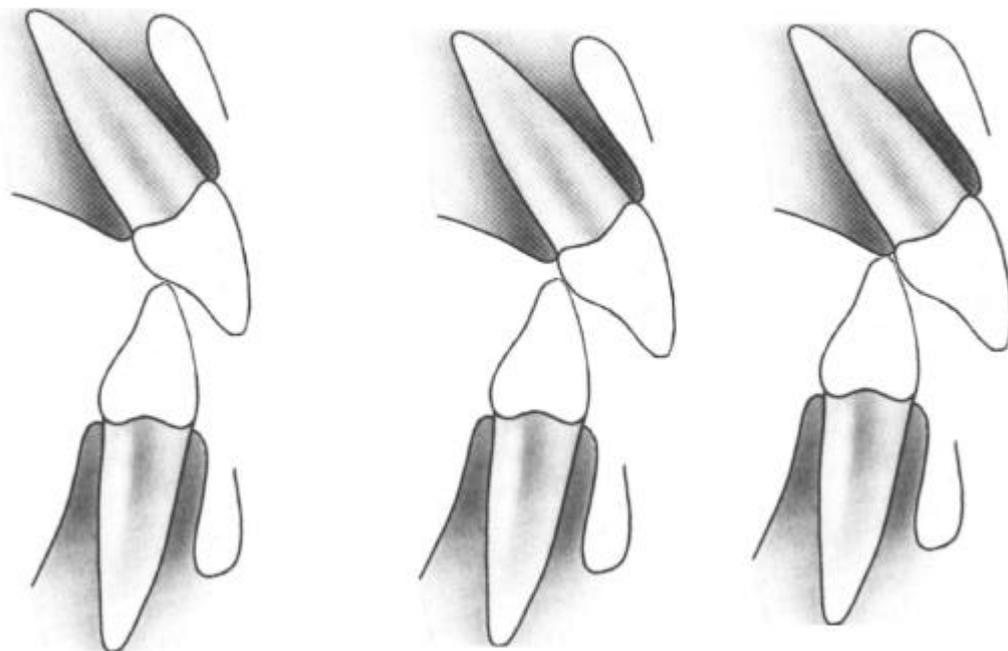


Abbildung 1. Definitionen eines offenen Bisses

Tiefbiss

Ein Tiefbiss wurde vermerkt, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt wurde (Abbildung 2):

- Der Overbite $\geq 5\text{mm}$.
- Kontakt der Unterkieferschneidezahnkante apikal des palatinalen Tuberkulums des Oberkieferschneidezahnes.
- Kontakt der Unterkieferschneidezahnkante mit der Gaumenschleimhaut.



Overbite $\geq 5\text{mm}$

**Kontakt apikal des
Tuberkulums**

**Gaumenschleimhaut-
kontakt**

Abbildung 2. Definitionen eines Tiefbisses

4.1.2 Definitionen transversaler Okklusionsabweichungen

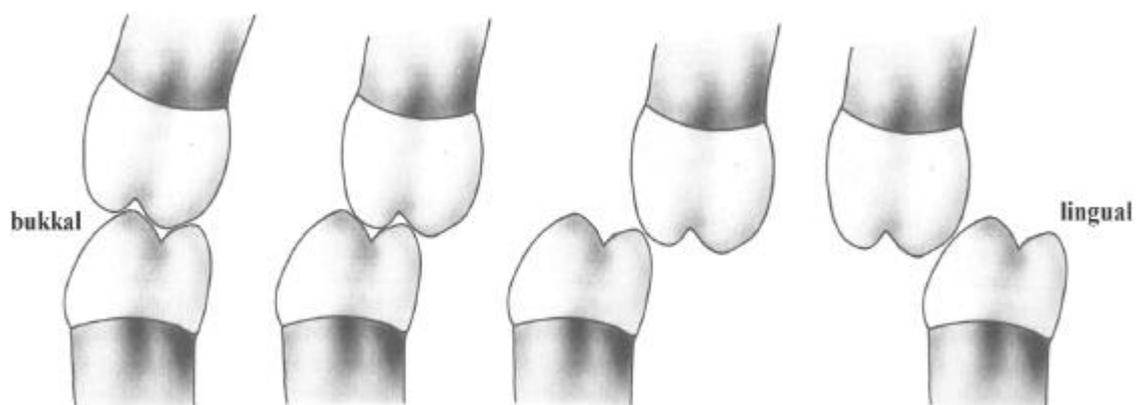
Die transversalen Okklusionsverhältnisse wurden für den rechten und linken Seitenzahnbereich getrennt vermerkt. Dabei wurden normale Verhältnisse von einseitigen und beidseitigen Kreuzbissen sowie Scherenbissen unterschieden (Abbildung 3).

Kreuzbiss

Ein Kreuzbiss wurde dann diagnostiziert, wenn mindestens ein bukkaler Höcker eines oberen Seitenzahnes Kontakt mit einer zentralen Fossa oder einer Randleiste seiner Antagonisten hatte. Eine Tendenz zum Kreuzbiss, also ein Aufeinandertreffen der bukkalen bzw. lingualen Höcker der Ober- und Unterkieferseitenzähne, wurde dabei als Kreuzbiss bewertet.

Scherenbiss

Ein Scherenbiss wurde vermerkt, wenn die Okklusionsflächen der Seitenzähne keinen Kontakt hatten, die Zähne also „aneinander vorbeibissen“. Es wurde keine Unterscheidung zwischen lingualem und bukkalem Scherenbiss getroffen. Eine Tendenz zum Scherenbiss, also ein Aufeinandertreffen des bukkalen Höckers des Oberkieferseitenzahnes mit dem lingualen Höcker des Unterkieferseitenzahnes oder des palatinalen Höckers des Oberkieferseitenzahnes mit dem bukkalen Höcker des Unterkieferseitenzahnes wurde wieder als Scherenbiss gewertet.



**normale transversale
Verzahnung**

Kreuzbiss

bukkaler Scherenbiss

lingualer Scherenbiss

Abbildung 3. Definitionen transversaler Okklusionsverhältnisse

4.1.3 Definitionen des Behandlungsergebnisses

Die Modelle zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurden hinsichtlich des Behandlungserfolges untersucht. Dabei wurde nach der Methode von *Ahlgren (1988)* zwischen folgenden Behandlungsergebnissen unterschieden:

-Ausgezeichnete Behandlung: Morphologisch ideale oder fast ideale Gebissverhältnisse sind erzielt worden.

-Gute Behandlung: Kleine Abweichungen vom morphologisch idealen Gebiss liegen vor, z.B.: kleiner Engstand in der Unterkieferfront, kleine Rotationen oder Kippungen einzelner Zähne und kleine Lücken.

-Akzeptable Behandlung: Eindeutige Verbesserung der ursprünglichen Malokklusion, aber kleine Anomaliesymptome bestehen noch, z.B.: Verzahnung bis zu einer $\frac{1}{2}$ Pb distal, etwas vergrößerter Overjet und Overbite und mäßiger Engstand.

-Nicht akzeptable Behandlung: Die ursprüngliche Malokklusion besteht im Großen unverändert, hat sich verschlimmert oder ein neuer Gebissfehler hat sich entwickelt.

Bei der Beurteilung der Behandlungsergebnisse wurde Rücksicht auf den Ausgangsbefund genommen, z.B. bei einem Diastemaschluss mit guten Okklusionsverhältnissen kann das Ergebnis gut oder akzeptabel sein, aber nicht ausgezeichnet. Die Behandlungsergebnisse „ausgezeichnet“, „gut“ und „akzeptabel“ sind für den Patienten günstig und werden als „erfolgreiche“ Behandlung bezeichnet.

Voraussetzung für die Aufnahme in die Studie war mindestens ein „akzeptabel“ als Behandlungsergebnis.

4.2 EMG-Analyse

Die Elektromyogramme von der Zeit vor der Behandlung und von der Nachuntersuchung wurden in Bezug auf die EMG-Aktivität der Musculi masseteres und temporales beidseitig beim maximalen Zusammenbeißen in der Interkuspitationsposition und beim Kauen von Erdnüssen ausgewertet. Direkte und integrierte EMG-Registrierungen wurden mit Hilfe eines EMG Schreibers (Uniscript Digital 12 Schwarzer) aufgezeichnet. Dieser war mit einem Verstärker (Typ 15 C01 Dantec) und einem Integrator (Typ 31 C17 Dantec) gekoppelt (Abbildung 4). Die Registrierung erfolgte mit einer Verstärkung von $200\mu\text{V}$ bis $500\mu\text{V}$. Der Schreiber wurde auf einen Papiervorschub von 50 mm/s eingestellt.

4.2.1 Elektroden und deren Platzierung

Die Aktionspotentiale während der Muskelkontraktion wurden mit bipolaren Ag/AgCl-Oberflächenelektroden (Tüshaus DIN 42802) abgeleitet, deren Kontaktflächenradius 10mm betrug (Abbildung 5). Vor der Platzierung der Elektroden wurde die Haut der Probanden mit 70%igem Alkohol (Softasept N[®]) entfettet. Zur Senkung der Hautimpedanz war jede Elektrode werkseitig mit Kontaktgel (Hydrogel NASA, pH 6,8) versehen.

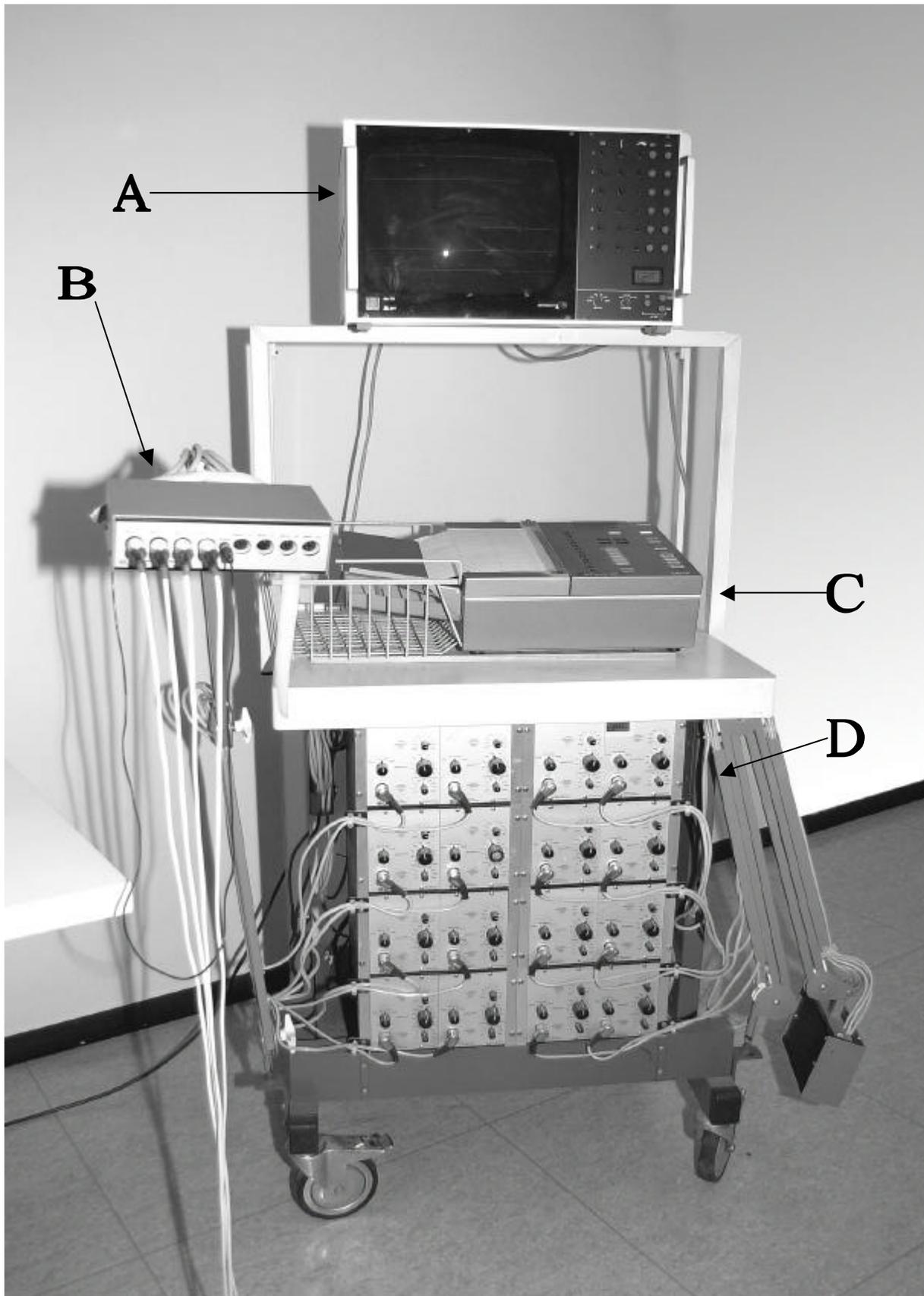


Abbildung 4. Die in der Untersuchung verwendete Apparatur zur Registrierung der EMG-Aktivitäten. **A:** Monitor **B:** Anschlussbox für Elektrodenkabel
C: EMG-Schreiber (Uniscript Digital 12) **D:** Verstärker (Typ 15 C01 Dantec)

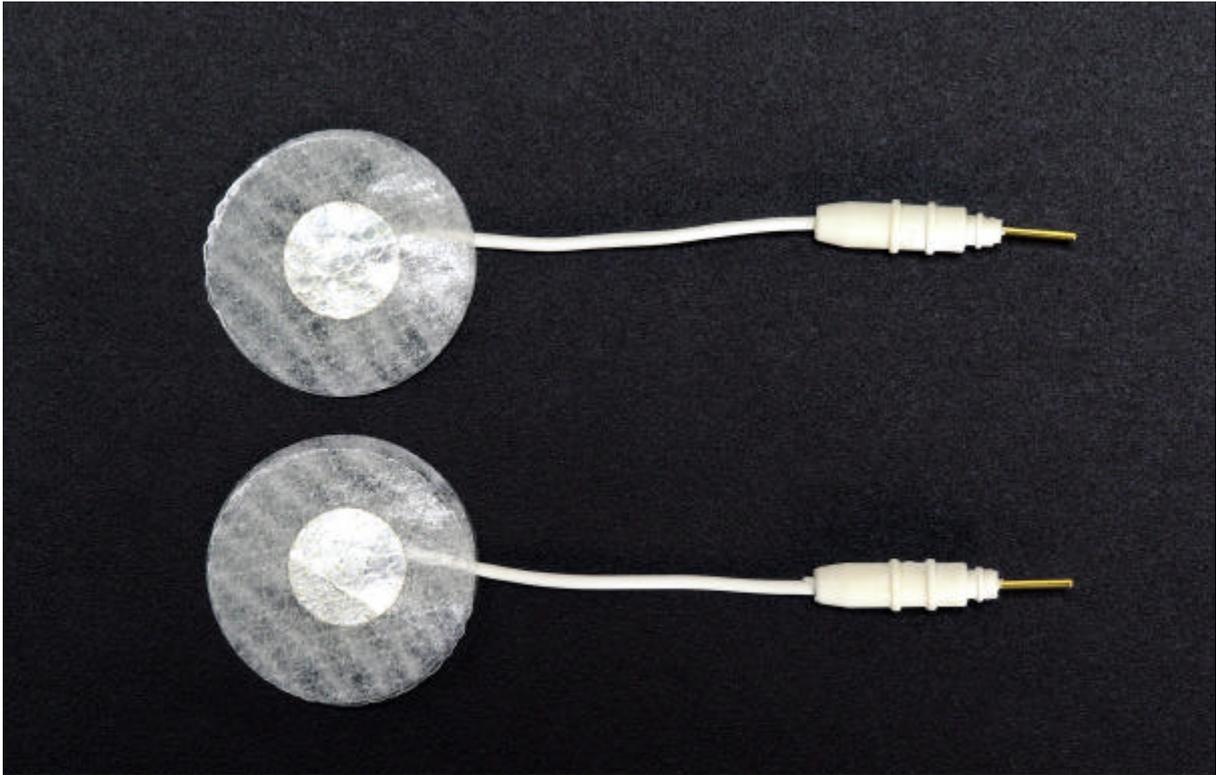


Abbildung 5. Ag/AgCl-Oberflächenelektroden (Tüshaus DIN 42802)

Die Platzierung der Elektroden auf den Muskeln erfolgte nach einem standardisierten Schema (Abbildung 6 und 7). Die Erdungselektrode befand sich am Handgelenk.

Platzierung der Elektroden auf dem Musculus masseter

Für die Platzierung der Elektroden auf dem M. masseter wurde die Campersche Ebene (Ebene zwischen dem Subnasalpunkt und den Traguspunkten rechts und links) mit einem Lineal markiert. Ausgehend von dieser Ebene wurde 1cm kaudal des getasteten Bauches des M. masseter ein Punkt markiert, auf den dann die erste Elektrode gesetzt wurde. Die zweite Elektrode wurde weitere 2cm kaudal der ersten Elektrode sowie entsprechend dem Masseterfaserverlauf nach dorsal versetzt fixiert.

Platzierung der Elektroden auf dem Musculus temporalis

Für die Platzierung der Temporaliselektroden wurde auf einer Linie vom äußeren Augenwinkel zum kranialsten Punkt der Ohrmuschel ein Punkt in 1,5 cm Entfernung vom äußeren Augenwinkel markiert. Auf diesen Punkt wurde die erste Elektrode zentrisch gesetzt. Anschließend wurde eine zweite Elektrode 2cm rechtwinklig zur o.g. Linie nach kranial versetzt geklebt.

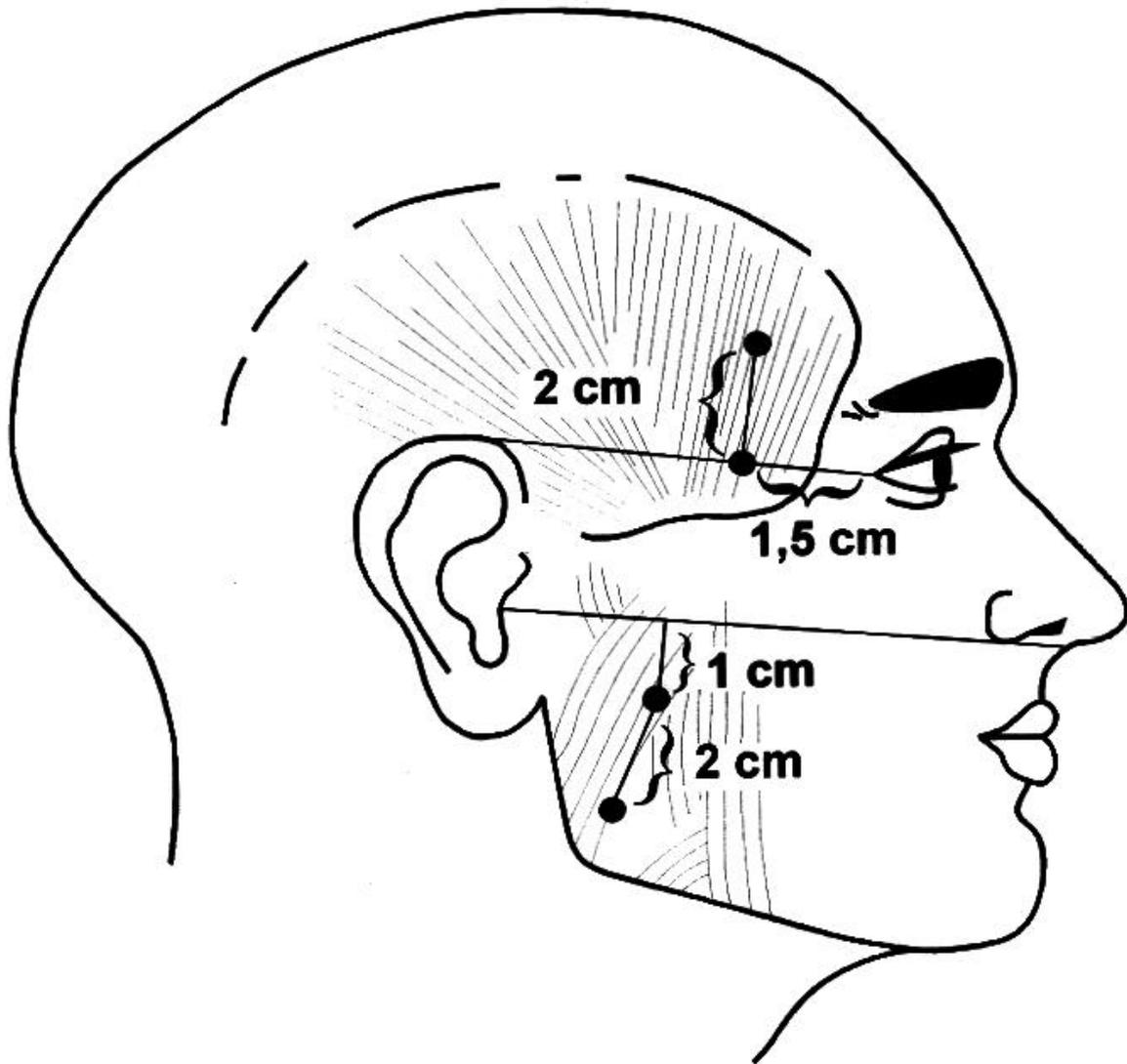


Abbildung 6. Darstellung der standardisierten Elektrodenplatzierung auf dem M. masseter und M. temporalis



Abbildung 7. Darstellung der Elektrodenplatzierung an einem Probanden

4.2.2 Aufzeichnung der Elektromyogramme

Die Probanden saßen während der Aufzeichnung der Elektromyogramme aufrecht mit ungestütztem Kopf auf einem Stuhl. Die Aufzeichnung der Muskelaktivität erfolgte während folgender Funktionen:

Maximales Zusammenbeißen

Für die Registrierung der maximalen Beißaktivität wurde der Proband aufgefordert, die Zähne in habitueller Interkuspitation so fest wie möglich kurz zusammenzubeißen. Dies wurde von den Probanden fünfmal wiederholt.

Kauen von Erdnüssen

Zur Registrierung der Kauaktivität erhielten die Probanden fünf Erdnüsse, die sie ohne spezielle Anweisung aufessen sollten.

4.2.3 Auswertung der Elektromyogramme

Die quantitative Auswertung der Muskelaktivität erfolgte durch Messung der maximalen Amplitudenhöhe der integrierten EMG-Signale. Der Mittelwert wurde aus fünf aufeinander folgenden Beiß- und Kauzyklen ermittelt und als Messwert verwendet (Abbildung 8 und 9).

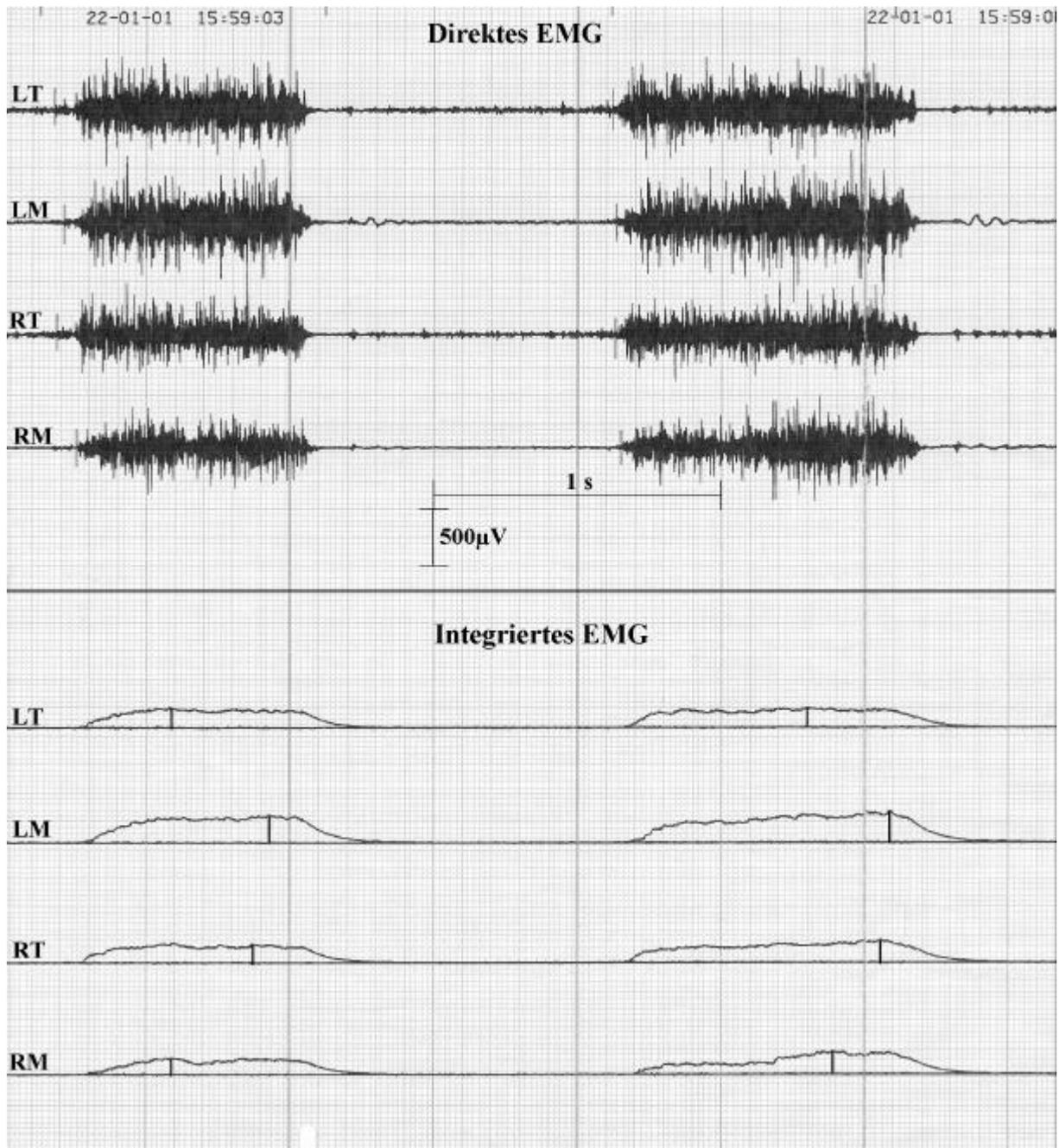


Abbildung 8. Darstellung eines direkten (oben) und integrierten (unten) Elektromyogrammes beim maximalen Zusammenbeißen (LT= Linker Temporalis, RT= Rechter Temporalis, LM= Linker Masseter, RM= Rechter Masseter).

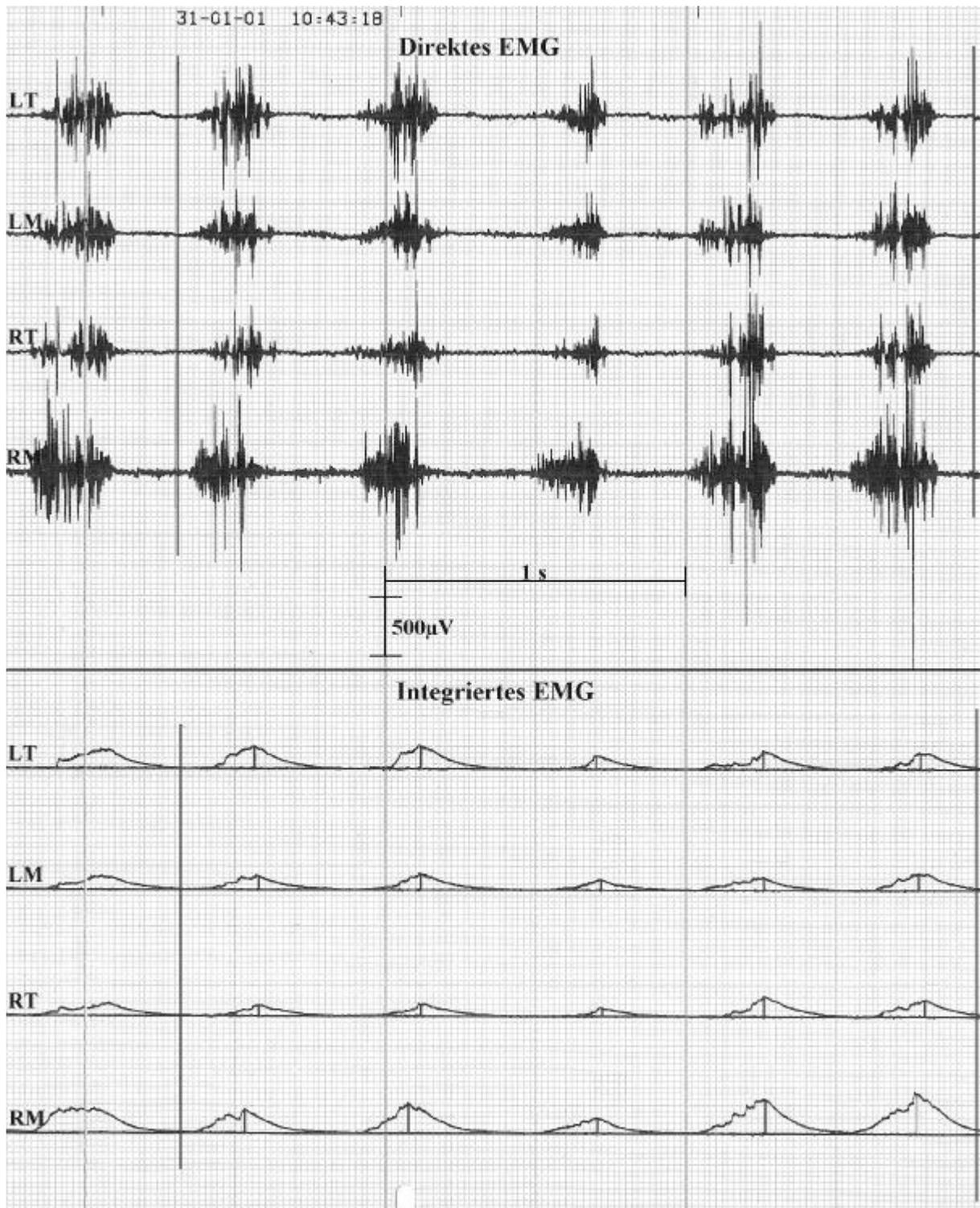


Abbildung 9. Darstellung eines direkten (oben) und integrierten (unten) Elektromyogrammes beim Kauen von Erdnüssen (LT= Linker Temporalis, RT= Rechter Temporalis, LM= Linker Masseter, RM= Rechter Masseter).

4.3 Statistische Methode

Für alle Variablen wurden der arithmetische Mittelwert (**MW**) und die Standardabweichung (**SD**) ermittelt. Um bei der EMG-Untersuchung Differenzen zwischen den Mittelwerten statistisch zu sichern, wurde je nach Fragestellung der Student-t-Test für abhängige bzw. unabhängige Stichproben angewandt. Folgende Signifikanzniveaus wurden verwendet:

*** = $p < 0,001$

** = $p < 0,01$

* = $p < 0,05$

n.s. = $p \geq 0,05$ (nicht signifikant)

Die statistische Auswertung wurde mittels der Computerprogramme Excel 2000 und SPSS 10.0.7 durchgeführt.

5 Ergebnisse

5.1 Modellanalyse

Die Verteilung der vertikalen und transversalen Okklusionsverhältnisse von der Zeit vor der Behandlung auf die 103 Probanden sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 dargestellt.

5.1.1 Vertikale Okklusionsabweichungen

In der Dysgnathieklasse I:0 hatten 39 von 47 Probanden (83%) einen normalen Überbiss, 2 Probanden (4%) einen offenen Biss und 6 Probanden (13%) einen tiefen Biss. Bei der Dysgnathieklasse II:1 verteilten sich die 56 Probanden hinsichtlich der Frontzahnrelation in 7 Probanden (13%) mit einem normalen Überbiss, 22 Probanden (39%) mit einem offenen Biss und 27 Probanden (48%) mit einem tiefen Biss. Bei der späteren Untersuchung wurden die EMG-Aktivitäten der Dysgnathieklasse II:1 Probanden mit einem offenen und einem tiefen Biss miteinander verglichen, da nur hier eine ausreichende Probandenzahl vorlag.

Frontzahn-Relation	Klasse I:0 (n=47)		Klasse II:1 (n=56)	
	m	w	m	w
Normal	17	22	4	3
Offen	0	2	11	11
Tief	3	3	12	15

Tabelle 1. Verteilung der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche) in Bezug auf die vertikalen Okklusionsverhältnisse im Frontzahnbereich vor der Behandlung

5.1.2 Transversale Okklusionsabweichungen

Von den 47 Probanden der Dysgnathieklasse I:0 hatten 30 Probanden (64%) einen normalen transversalen Okklusionsbefund, 9 Probanden (14%) einen einseitigen Kreuzbiss, 1 Proband (2%) einen beidseitigen Kreuzbiss, 5 Probanden (11%) einen Kreuzbiss mit Zwangsführung und 2 Probanden (4%) einen einseitigen Scherenbiss. Die 56 Probanden der Dysgnathieklasse II:1 teilten sich in 43 Probanden (77%) mit einem normalen transversalen Okklusionsbefund, 4 Probanden (7%) mit einem einseitigen Kreuzbiss, 1 Proband (2%) mit einem beidseitigen

Kreuzbiss, 4 Probanden (7%) mit einem Kreuzbiss mit Zwangsführung und 4 Probanden (7%) mit einem einseitigen Scherenbiss auf. Wegen der geringen Zahl der Probanden mit transversalen Okklusionsabweichungen wurde auf eine Auswertung der EMG-Aktivitäten gänzlich verzichtet.

Okklusionsbefund	Klasse I:0 (n=47)		Klasse II:1 (n=56)	
	m	w	m	w
Transversal				
Normal	10	20	24	19
KB-ES	6	3	1	3
KB-BS	1	0	1	0
KB-Z	2	3	0	4
SB-ES	1	1	1	3
SB-BS	0	0	0	0

Tabelle 2. Verteilung der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche) in Bezug auf die transversalen Okklusionsverhältnisse (KB-ES = Kreuzbiss einseitig, KB-BS = Kreuzbiss beidseitig, KB-Z = Kreuzbiss mit Zwangsführung, SB-ES = Scherenbiss einseitig, SB-BS = Scherenbiss beidseitig) vor der Behandlung

5.1.3 Behandlungsergebnis

Tabelle 3 zeigt die Verteilung der Probanden in Bezug auf das Behandlungsergebnis. In der Dysgnathieklasse I:0 hatten 20 von 47 Probanden (43%) ein akzeptables Behandlungsergebnis, 24 Probanden (51%) ein gutes Behandlungsergebnis und 3 Probanden (6%) ein ausgezeichnetes Behandlungsergebnis. Von den 56 Probanden der Dysgnathieklasse II:1 hatten 20 Probanden (36%) ein akzeptables Ergebnis, 32 Probanden (57%) ein gutes Ergebnis und 4 Probanden (7%) ein ausgezeichnetes Ergebnis. Die EMG-Aktivitäten der Klasse I:0 und II:1 Probanden, die ein akzeptables und ein gutes Behandlungsergebnis hatten, wurden im Folgenden miteinander verglichen.

Behandlungsergebnis	Klasse I:0 (n=47)		Klasse II:1 (n=56)	
	m	w	m	w
akzeptabel	7	13	8	12
gut	12	12	19	13
ausgezeichnet	1	2	0	4

Tabelle 3. Verteilung der 103 Probanden (47 männliche und 56 weibliche) in Bezug auf das Behandlungsergebnis

5.2 EMG-Analyse

Für die Klasse I:0 und Klasse II:1 wurden die elektromyographischen Aktivitäten der Kaumuskulatur analysiert.

In den Tabellen 4 und 5 werden die EMG Aktivitäten der beiden Geschlechter dargestellt und miteinander verglichen. In der Tabelle 6 und 7 sind die Kaumuskelaktivitäten der rechten und linken Seite einander gegenübergestellt. In den Tabellen 8 und 9 werden die elektromyographischen Aktivitäten vor und nach der Behandlung einander gegenübergestellt und die Behandlungsveränderungen untersucht. In der Tabelle 10 werden die Dysgnathiegruppen (Klasse I:0 und II:1) und in Tabelle 11 die Behandlungsmethoden (konventionelle Methoden und Herbst) miteinander verglichen. In der Tabelle 12 und 13 findet ein Vergleich der Behandlungsergebnisse statt. In der Tabelle 14 werden die EMG-Aktivitäten bei unterschiedlicher Frontzahnrelation (offen und tief) miteinander verglichen. Auf eine EMG-Analyse bei transversalen Okklusionsabweichungen wurde wegen der geringen Probandenzahl (siehe Tabelle 2) verzichtet.

5.2.1 Geschlechtsvergleich

In der Gruppe der I:0 Dysgnathie zeigte sich ein signifikanter Geschlechtsunterschied nur während des Kauens und dort nur beim rechten Musculus masseter vor der Behandlung ($p < 0,05$) und beim linken Musculus temporalis nach der Behandlung ($p < 0,05$). Diese Muskeln wiesen bei den weiblichen Probanden eine größere Aktivität als bei den männlichen auf (Tabelle 4).

In der Gruppe der Klasse II:1 Dysgnathien traten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf (Tabelle 5).

Aufgrund des minimalen Geschlechtsunterschiedes nur in der Klasse I:0 Gruppe wurde im weiteren Verlauf der Auswertungen auf eine Geschlechtertrennung beider Dysgnathiegruppen verzichtet.

Tabelle 4. Geschlechtsvergleich – Klasse I:0

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (LT= Linker Temporalis, RT= Rechter Temporalis, LM= Linker Masseter, RM= Rechter Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von je 20 männlichen und 27 weiblichen Probanden.

Variable (in μV)		vor						
		m		w		m-w		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	LT	194,90	97,05	166,37	70,69	28,53	1,17	n.s
	LM	302,60	140,63	284,74	100,70	17,86	0,51	n.s
	RT	184,80	89,63	166,67	77,19	18,13	0,74	n.s
	RM	211,90	95,21	266,00	136,38	-54,10	-1,52	n.s
Kauen	LT	138,50	80,95	136,46	71,44	2,04	0,09	n.s
	LM	185,30	124,04	224,08	122,24	-38,78	-1,06	n.s
	RT	149,00	75,18	133,46	64,99	15,54	0,75	n.s
	RM	126,00	51,80	216,15	143,12	-90,15	-2,68	*

Variable (in μV)		nach						
		m		w		m-w		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	LT	170,10	73,96	198,81	107,53	-28,71	-1,36	n.s.
	LM	507,70	244,77	411,11	185,15	96,59	1,34	n.s.
	RT	252,90	108,29	247,41	89,60	5,49	0,26	n.s.
	RM	512,70	289,48	357,70	154,33	154,99	2,00	n.s.
Kauen	LT	130,20	55,25	186,15	108,80	-55,95	-2,19	*
	LM	399,30	216,37	366,81	156,84	32,49	0,44	n.s.
	RT	185,60	60,11	201,93	87,38	-16,33	-1,07	n.s.
	RM	303,10	144,18	292,59	147,12	10,51	0,22	n.s.

n.s. bedeutet nicht signifikant
* bedeutet $p < 0,05$

Tabelle 5. Geschlechtsvergleich – Klasse II:1

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (LT= Linker Temporalis, RT= Rechter Temporalis, LM= Linker Masseter, RM= Rechter Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von je 27 männlichen und 29 weiblichen Probanden.

Variable (in μV)		vor						
		m		w		MW(D)	m-w	
		MW	SD	MW	SD		t	p
Beißen	LT	159,33	78,10	175,66	81,61	-16,32	-0,76	n.s.
	LM	308,37	175,30	281,03	139,09	27,34	0,65	n.s.
	RT	181,78	103,95	176,34	87,16	5,43	0,21	n.s.
	RM	258,37	148,09	230,55	135,25	27,82	0,74	n.s.
Kauen	LT	132,81	55,44	137,45	75,65	-4,63	-0,26	n.s.
	LM	257,19	191,40	229,45	114,32	27,74	0,66	n.s.
	RT	144,00	75,90	119,52	59,06	24,48	1,35	n.s.
	RM	207,70	115,89	180,34	113,98	27,36	0,89	n.s.

Variable (in μV)		nach						
		m		w		MW(D)	m-w	
		MW	SD	MW	SD		t	p
Beißen	LT	194,59	106,24	172,69	101,20	21,90	0,79	n.s.
	LM	412,74	184,21	369,45	211,30	43,29	0,82	n.s.
	RT	230,07	102,97	214,28	107,71	15,80	0,56	n.s.
	RM	361,63	188,18	307,10	181,87	54,53	1,10	n.s.
Kauen	LT	147,26	54,62	146,14	90,11	1,12	0,06	n.s.
	LM	327,11	201,58	328,14	199,59	-1,03	-0,02	n.s.
	RT	169,93	68,19	188,48	109,19	-18,56	-0,76	n.s.
	RM	294,52	196,68	266,21	158,87	28,31	0,59	n.s.

n.s. bedeutet nicht signifikant

5.2.2 Rechts-Links Vergleich

Eine Reihe statistisch manifester Unterschiede im Seitenvergleich der Muskeln beim Beißen und Kauen beider Dysgnathiegruppen war vorhanden (Tabelle 6 und 7). Da aber keine Systematik vorlag, wurden im Folgenden rechter und linker Musculus temporalis bzw. rechter und linker Musculus masseter zusammengelegt.

Tabelle 6. Rechts-Links Vergleich – Klasse I:0

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 47 Probanden.

Variable (in μ V)		vor						
		rechts		links		rechts-links		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	174,38	82,27	178,51	83,17	-4,13	-0,40	n.s.
	M	242,98	122,42	292,34	118,23	-49,36	-2,59	*
Kauen	T	140,22	69,23	137,35	74,85	2,87	0,28	n.s.
	M	176,96	120,64	207,22	123,19	-30,26	-1,71	n.s.

Variable (in μ V)		nach						
		rechts		links		rechts-links		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	249,74	96,89	186,60	94,87	63,14	4,67	***
	M	423,66	232,54	452,21	215,53	-28,55	-1,25	n.s.
Kauen	T	194,98	76,64	162,34	93,46	32,64	2,23	*
	M	297,06	144,39	380,64	183,04	-83,58	-3,20	**

n.s. bedeutet nicht signifikant
 * bedeutet $p < 0,05$
 ** bedeutet $p < 0,01$
 *** bedeutet $p < 0,001$

Tabelle 7. Rechts-Links Vergleich – Klasse II:

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 56 Probanden.

Variable (in μV)		vor						
		rechts		links		MW(D)	rechts-links	
		MW	SD	MW	SD		t	p
Beißen	T	178,96	94,78	167,79	79,64	11,17	1,23	n.s.
	M	243,96	140,99	294,21	156,73	-50,25	-4,99	***
Kauen	T	131,32	68,20	135,21	66,12	-3,89	-0,51	n.s.
	M	193,54	114,69	242,82	155,45	-49,28	-2,96	**

Variable (in μV)		nach						
		rechts		links		MW(D)	rechts-links	
		MW	SD	MW	SD		t	p
Beißen	T	221,89	104,80	183,25	103,30	38,64	3,88	***
	M	333,39	185,30	390,32	198,11	-56,93	-3,35	**
Kauen	T	179,54	91,41	146,68	74,46	32,86	3,76	***
	M	279,86	177,03	327,64	198,72	-47,78	-2,23	*

n.s. bedeutet nicht signifikant
 * bedeutet $p < 0,05$
 ** bedeutet $p < 0,01$
 *** bedeutet $p < 0,001$

5.2.3 Vergleich der Dysgnathiegruppen (Tabelle 8)

Vor der Behandlung

Für die verschiedenen Muskeln und Funktionen lagen keine statistisch belegbaren Differenzen zwischen der Klasse I:0 und Klasse II:1 Dysgnathie vor.

Nach der Behandlung

Nach der Behandlung zeigte lediglich der Musculus masseter in der Klasse I:0 Gruppe während des maximalen Zusammenbeißen eine signifikant höhere Aktivität ($p < 0,01$) als in der II:1 Gruppe.

Behandlungsveränderungen

Der Musculus masseter in der I:0 Klasse zeigte eine signifikant höhere Aktivitätszunahme als in der II:1 Gruppe während des maximalen Zusammenbeißen und beim Kauen ($p < 0,05$).

Tabelle 8. Vergleich der Dysgnathiegruppen

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 47 Probanden mit einer **Klasse I:0** und 56 Probanden mit einer **Klasse II:1** Dysgnathie.

Variable (in µV)		vor						
		I:0		II:1		I:0-II:1		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	176,45	82,30	173,38	87,32	3,07	0,26	n.s.
	M	267,66	122,24	269,09	150,53	-1,42	-0,74	n.s.
Kauen	T	138,79	71,72	133,27	66,89	5,52	0,57	n.s.
	M	192,09	122,20	218,18	138,22	-26,09	-1,41	n.s.

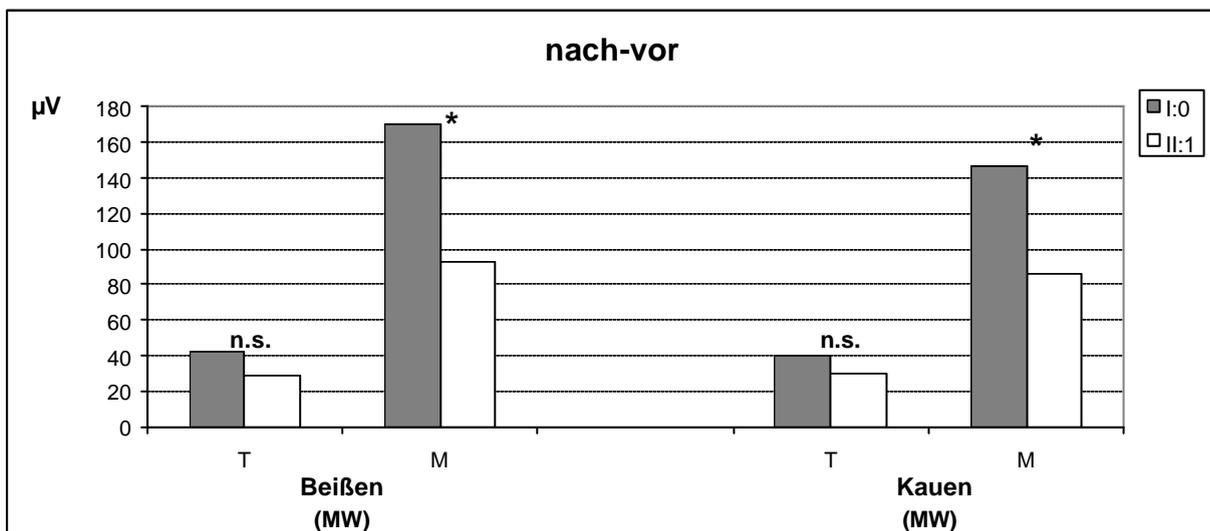
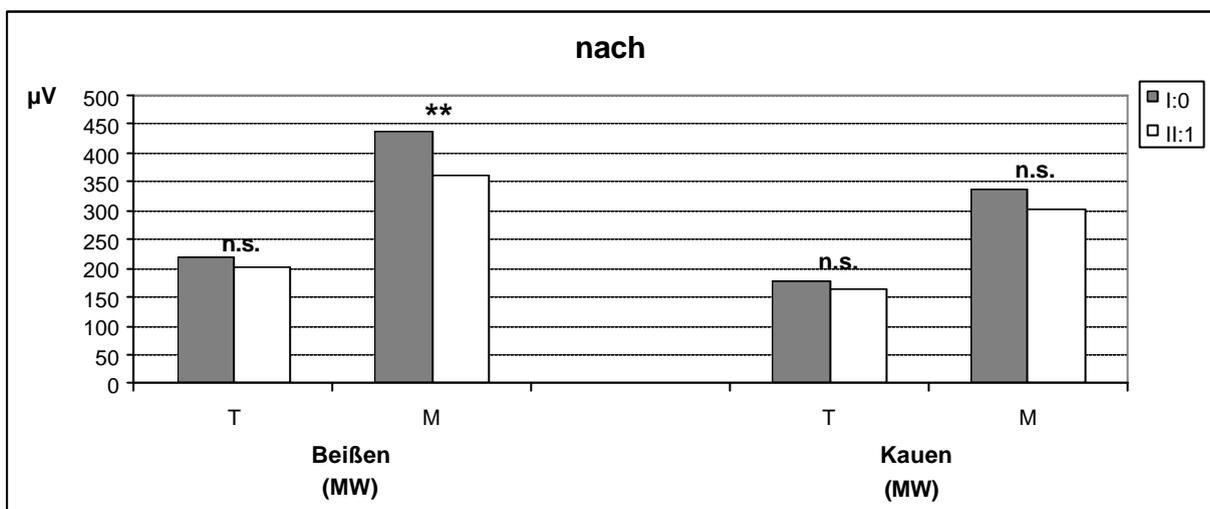
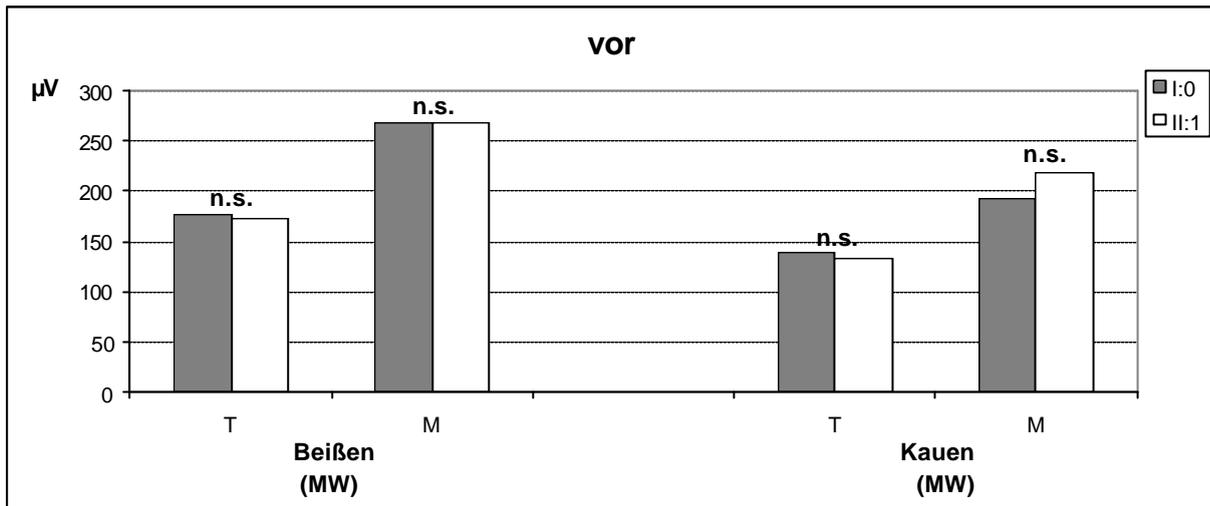
Variable (in µV)		nach						
		I:0		II:1		I:0-II:1		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	218,17	100,52	202,57	105,39	15,60	1,08	n.s.
	M	437,94	223,45	361,86	193,07	76,08	2,62	**
Kauen	T	178,66	86,57	163,11	84,62	15,55	1,30	n.s.
	M	338,85	169,26	303,75	188,87	35,10	1,39	n.s.

Variable (in µV)		nach-vor						
		I:0		II:1		I:0-II:1		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	41,72	111,23	29,20	122,18	12,53	0,52	n.s.
	M	170,28	241,21	92,77	193,16	77,51	2,30	*
Kauen	T	39,87	100,64	29,84	89,62	10,03	0,83	n.s.
	M	146,76	189,07	85,57	193,35	61,19	2,22	*

n.s. bedeutet nicht signifikant

* bedeutet p<0,05

** bedeutet p<0,01



n.s. bedeutet nicht signifikant; * bedeutet $p < 0,05$; ** bedeutet $p < 0,01$

Graphik zu Tabelle 8. Vergleich der Dysgnathiegruppen

Durchschnittliche integrierte EMG-Aktivität (μV) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 47 Probanden mit einer **Klasse I:0** und 56 Probanden mit einer **Klasse II:1** Dysgnathie.

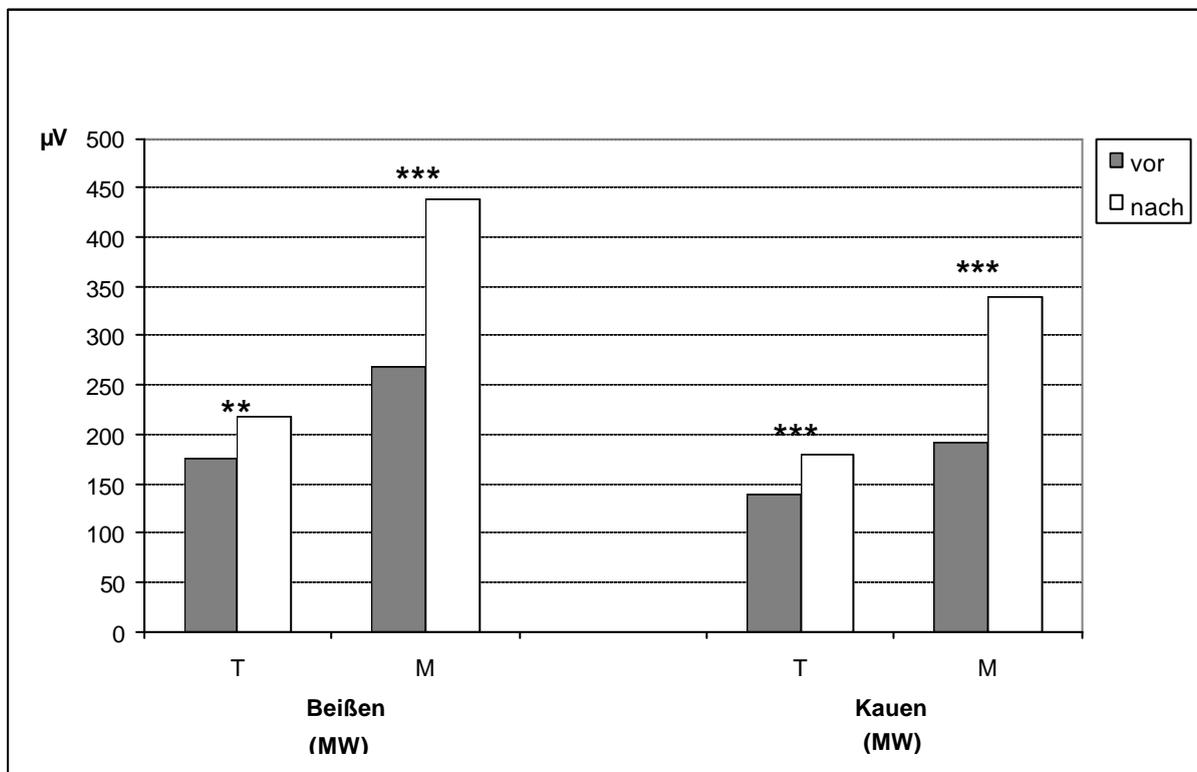
5.2.4 Behandlungsveränderungen (Tabellen 9 und 10)

Für die Klasse I:0 (Tabelle 9) sowie Klasse II:1 (Tabelle 10) ergaben sich für alle gemessenen EMG-Aktivitäten der beiden Muskeln, dass sie nach der Behandlung signifikant größer waren als vor der Behandlung ($p < 0,05$ bis $p < 0,001$).

**Tabelle 9 mit dazugehöriger Graphik
Behandlungsveränderungen – Klasse I:0**

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen **vor** und **nach** kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 47 Probanden.

Variable (in μV)		I:0						
		vor		nach		nach-vor		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	176,45	82,30	218,17	100,52	41,73	3,35	**
	M	267,66	122,24	437,94	223,45	170,28	6,55	***
Kauen	T	138,79	71,72	178,66	86,57	39,88	3,61	***
	M	192,09	122,20	338,85	169,26	146,76	7,17	***



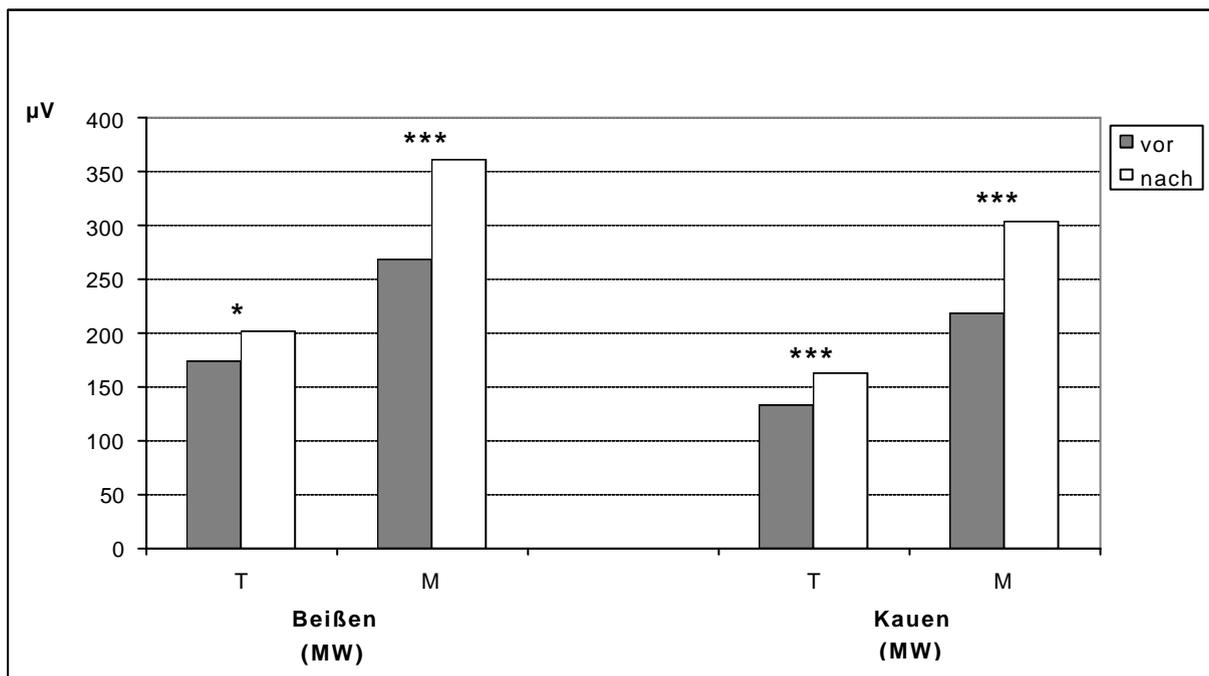
** bedeutet $p < 0,01$
*** bedeutet $p < 0,001$

Tabelle 10 mit dazugehöriger Graphik

Behandlungsveränderungen – Klasse II:1

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen **vor** und **nach** kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 56 Probanden.

Variable (in μV)		II:1						
		vor		nach		nach-vor		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	173,38	87,32	202,57	105,39	29,20	2,53	*
	M	269,09	150,53	361,87	193,07	92,79	5,08	***
Kauen	T	133,27	66,89	163,11	84,62	29,85	3,52	***
	M	218,18	138,22	303,75	188,87	85,57	4,68	***



* bedeutet $p < 0,05$
 *** bedeutet $p < 0,001$

5.2.5 Vergleich der Behandlungsmethoden (Tabelle 11)

Nur für die Klasse II:1 wurde ein Vergleich der Behandlungsmethoden (Konventionell und Herbst) vorgenommen.

Vor der Behandlung

Vor der Behandlung ließen sich signifikant höhere Aktivitäten des Musculus temporalis ($p < 0,05$) und des Musculus masseters ($p < 0,001$) während des Zusammenbeißen bei den mit der Herbst-Apparatur behandelten Patienten feststellen.

Nach der Behandlung

Für keinen der Muskeln und Funktionen lagen statistisch belegbare Differenzen zwischen den beiden Behandlungsmethoden vor.

Behandlungsveränderungen

Für keinen der Muskeln und Funktionen lagen statistisch belegbare Differenzen zwischen den beiden Behandlungsmethoden vor.

Tabelle 11. Vergleich der Behandlungsmethoden – Klasse II:1

Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 41 **konventionell** und 15 mit **Herbst-Apparatur** behandelten Probanden.

Variable (in μV)		vor						
		Konventionell		Herbst		Konventionell-Herbst		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	163,22	83,62	201,13	92,55	-37,91	-2,07	*
	M	240,10	113,78	348,33	204,19	-108,24	-3,54	***
Kauen	T	130,90	67,20	139,73	66,74	-8,83	-0,62	n.s.
	M	206,80	111,99	249,27	191,64	-42,46	-1,45	n.s.

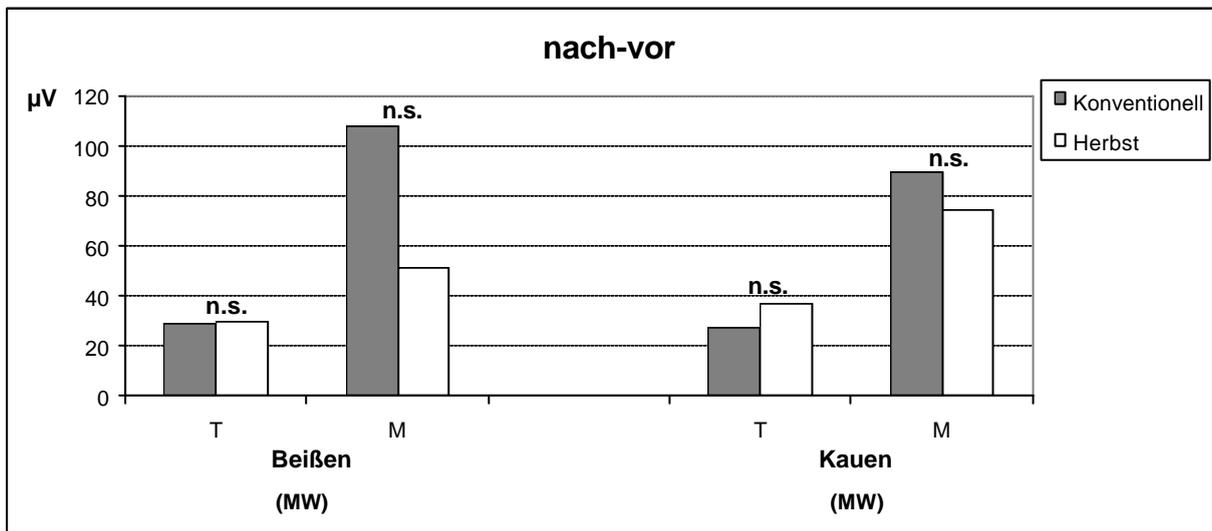
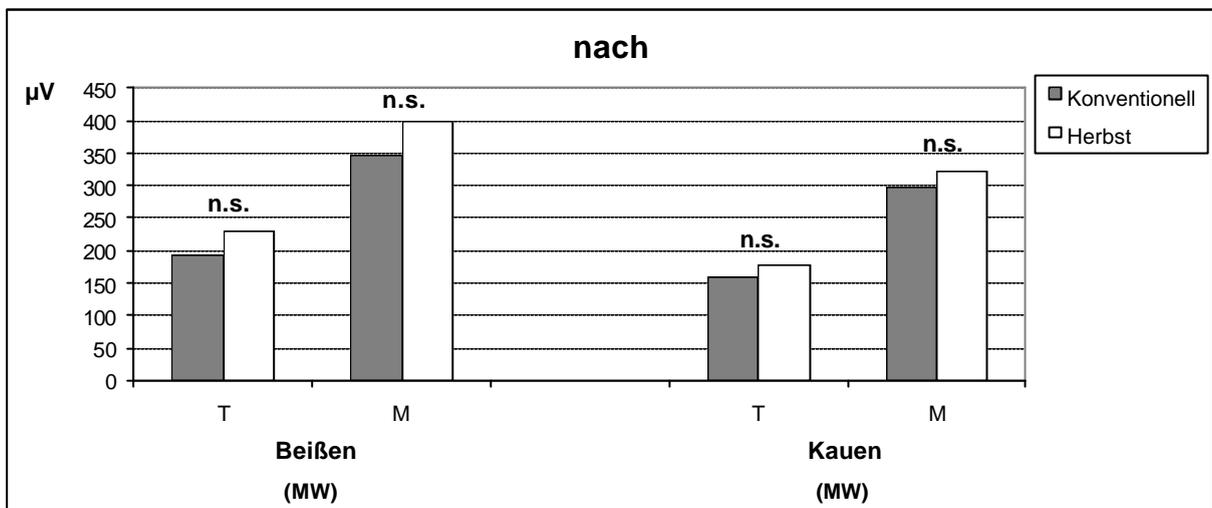
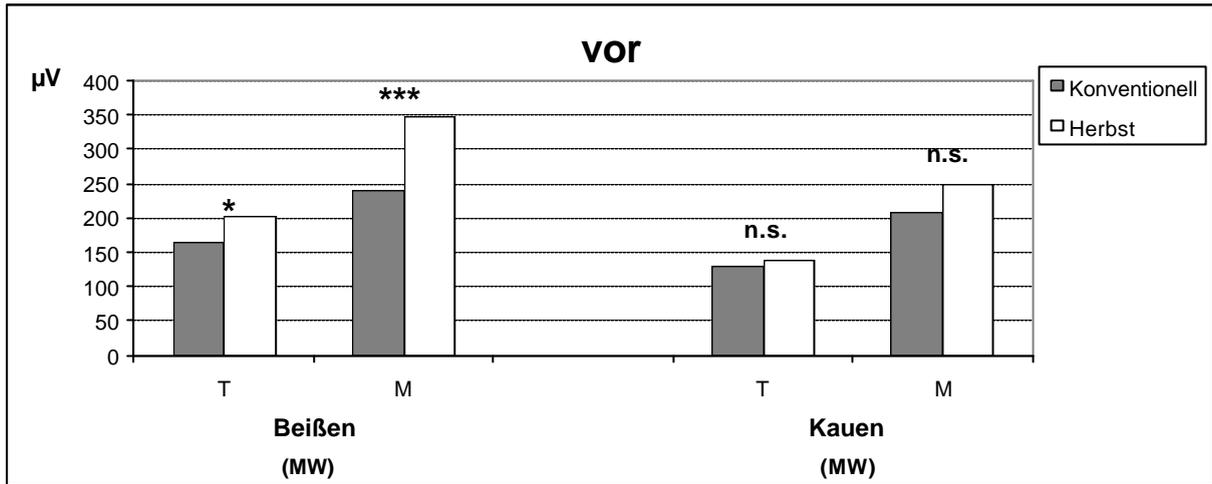
Variable (in μV)		nach						
		Konventionell		Herbst		Konventionell-Herbst		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	192,27	105,81	230,73	100,58	-38,47	-1,73	n.s.
	M	347,98	194,50	399,80	187,03	-51,82	-1,26	n.s.
Kauen	T	158,10	93,28	176,80	53,26	-18,70	-1,04	n.s.
	M	296,61	187,89	323,27	193,37	-26,66	-0,66	n.s.

Variable (in μV)		nach-vor						
		Konventionell		Herbst		Konventionell-Herbst		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	29,05	125,04	29,60	116,02	-0,55	-0,02	n.s.
	M	107,88	187,68	51,47	204,98	56,41	1,37	n.s.
Kauen	T	27,20	95,65	37,07	71,55	-9,87	-0,51	n.s.
	M	89,80	195,29	74,00	190,71	15,80	0,38	n.s.

n.s. bedeutet nicht signifikant

* bedeutet $p < 0,05$

*** bedeutet $p < 0,001$



n.s. bedeutet nicht signifikant; * bedeutet $p < 0,05$; *** bedeutet $p < 0,001$

Graphik zu Tabelle 11. Vergleich der Behandlungsmethoden - Klasse II:1

Durchschnittliche integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 41 **konventionell** und 15 mit **Herbst-Apparatur** behandelten Probanden.

5.2.6 Vergleich der Frontzahnrelation – offen und tief (Tabelle 12)

Nur für die Klasse II:1 wurde ein Vergleich der Frontzahnrelation offen und tief durchgeführt.

Vor der Behandlung

Probanden mit einem offenen Biss wiesen während des maximalen Zusammenbeißen eine signifikant höhere Temporalisaktivität ($p < 0,01$) als Probanden mit einem Tiefbiss auf.

Nach der Behandlung

Der Musculus temporalis zeigte bei Probanden mit einem ursprünglich tiefen Biss eine signifikant größere Aktivität ($p < 0,05$) als bei Probanden mit einem ursprünglich offenen Biss.

Behandlungsveränderungen

Beim Vergleich der Differenzen der Muskelaktivitäten nach-vor zeigte sich ein signifikanter Unterschied für den Musculus temporalis beim Beißen ($p < 0,001$). Die Aktivität hatte bei Probanden mit einem ursprünglich offenen Biss abgenommen und bei Probanden mit einem ursprünglich tiefen Biss zugenommen.

Tabelle 12. Vergleich der Frontzahnrelation - Klasse II:1

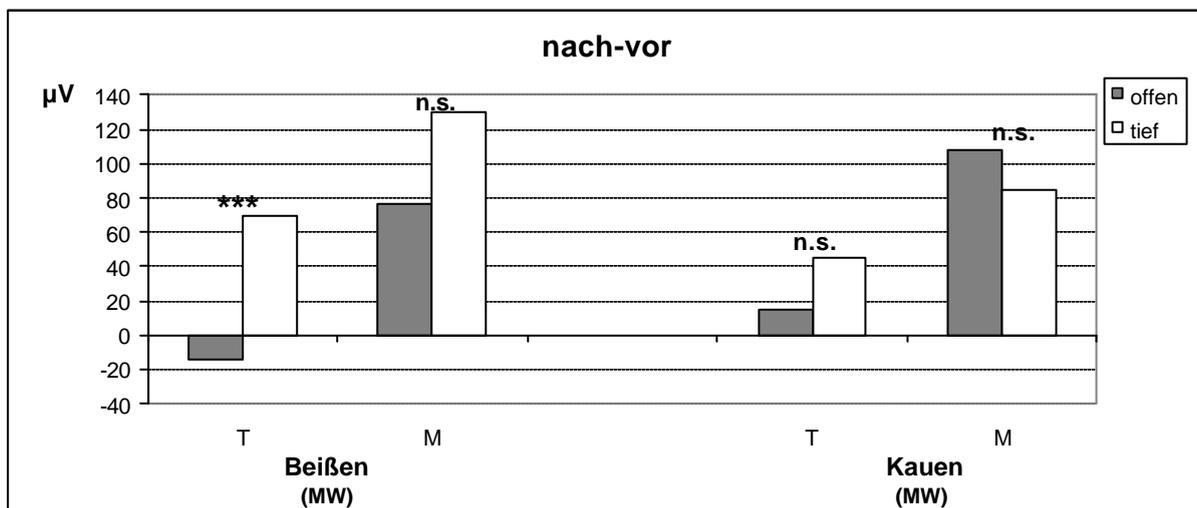
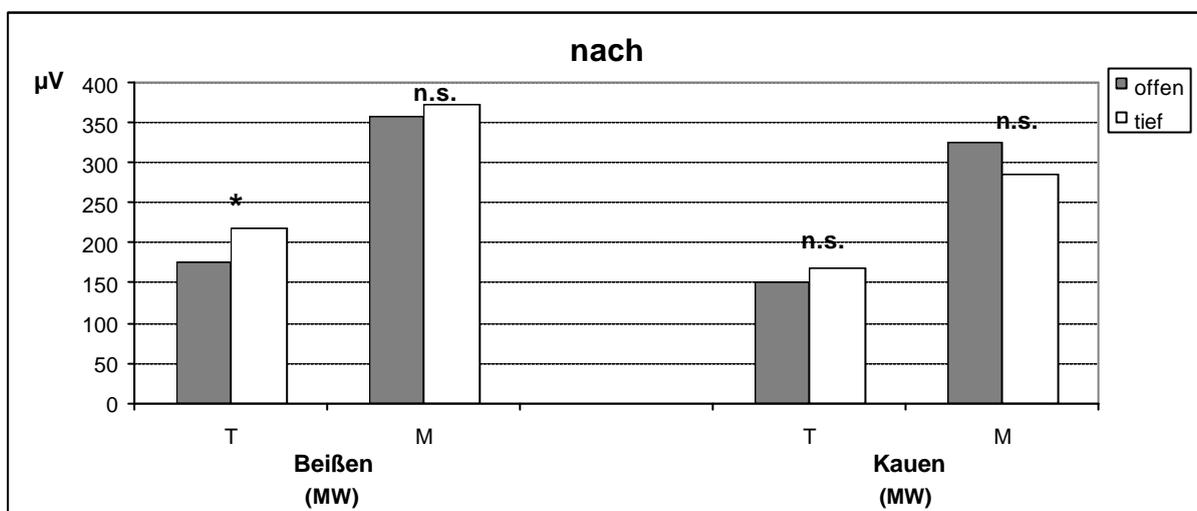
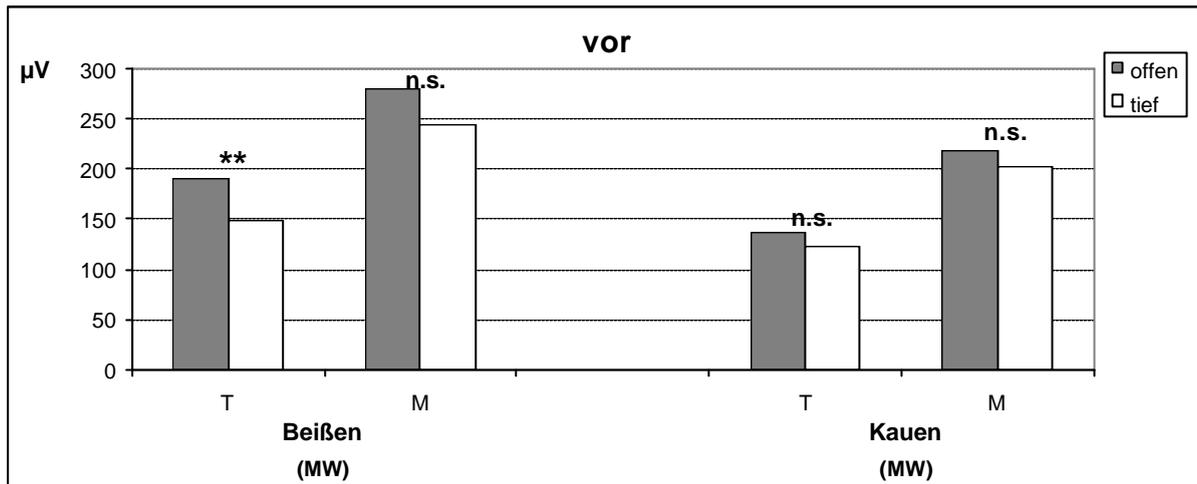
Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 22 Probanden mit einem **offenen Biss** und 27 Probanden mit einem **tiefen Biss**.

Variable (in μV)		vor						
		offen		tief		offen-tief		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	190,77	96,31	148,78	59,90	41,99	2,64	**
	M	280,14	155,91	243,74	139,60	36,40	1,22	n.s.
Kauen	T	137,18	78,45	122,78	52,22	14,40	1,09	n.s.
	M	219,00	133,66	202,04	124,39	16,96	0,65	n.s.

Variable (in μV)		nach						
		offen		tief		offen-tief		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	176,41	102,59	218,33	95,24	-41,92	-2,09	*
	M	356,82	229,31	373,41	168,03	-16,59	-0,41	n.s.
Kauen	T	152,41	91,13	167,78	80,72	-15,37	-0,89	n.s.
	M	326,45	223,24	286,22	161,39	40,23	1,03	n.s.

Variable (in μV)		nach-vor						
		offen		tief		offen-tief		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	-14,36	121,64	69,56	110,06	-83,92	-3,58	***
	M	76,68	169,79	129,67	208,85	-52,98	-1,36	n.s.
Kauen	T	15,23	96,63	45,00	91,10	-29,77	-1,57	n.s.
	M	107,45	177,59	84,19	187,60	23,27	0,63	n.s.

- n.s. bedeutet nicht signifikant
 * bedeutet $p < 0,05$
 ** bedeutet $p < 0,01$
 *** bedeutet $p < 0,001$



n.s. bedeutet nicht signifikant; * bedeutet $p < 0,05$; ** bedeutet $p < 0,01$; *** bedeutet $p < 0,001$

Graphik zu Tabelle 12. Vergleich der Frontzahnrelation - Klasse II:1

Durchschnittliche integrierte EMG-Aktivität (μV) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 22 Probanden mit einem **offenen Biss** und 27 Probanden mit einem **tiefen Biss**.

5.2.7 Vergleich der Behandlungsergebnisse (Tabelle 13 und 14)

Die Behandlungsergebnisse akzeptabel und gut wurden für beide Dysgnathien verglichen.

Für die **Klasse I:0 Dysgnathie** zeigte sich vor der Behandlung kein EMG-Aktivitätsunterschied zwischen Probanden mit akzeptablen und guten Ergebnissen. Nach der Behandlung zeigte sich beim maximalen Zusammenbeißen für den Musculus masseter eine deutlich höhere Aktivität ($p < 0,001$) bei den Probanden, die nach der Behandlung ein gutes Ergebnis im Vergleich zu den Probanden, die ein akzeptables Behandlungsergebnis hatten. Beim Vergleich der Differenzen der Muskelaktivitäten nach-vor war ein signifikanter Unterschied für den Musculus masseter beim Beißen vorhanden ($p < 0,001$). Die Aktivität hatte bei den mit gutem Ergebnis eingestuften Probanden deutlich mehr zugenommen als bei den mit akzeptablem Ergebnis eingestuften Probanden.

Für die **Klasse II:1 Dysgnathie** zeigten sich vor der Behandlung größere EMG-Aktivitäten bei den Probanden mit einem guten Behandlungsergebnis. Dies galt für den Musculus temporalis ($p < 0,01$) und für den Musculus masseter ($p < 0,05$) beim Beißen sowie beim Kauen. Nach der Behandlung war die EMG-Aktivität des Musculus masseter beim Kauen größer ($p < 0,05$) bei Probanden mit einem guten Ergebnis als bei Probanden mit einem akzeptablen Ergebnis. Die Untersuchung der Differenzen der Muskelaktivitäten nach-vor zeigte keine statistisch belegbaren Unterschiede zwischen den beiden Ergebnisgruppen.

Tabelle 13. Vergleich der Behandlungsergebnisse - Klasse I:0

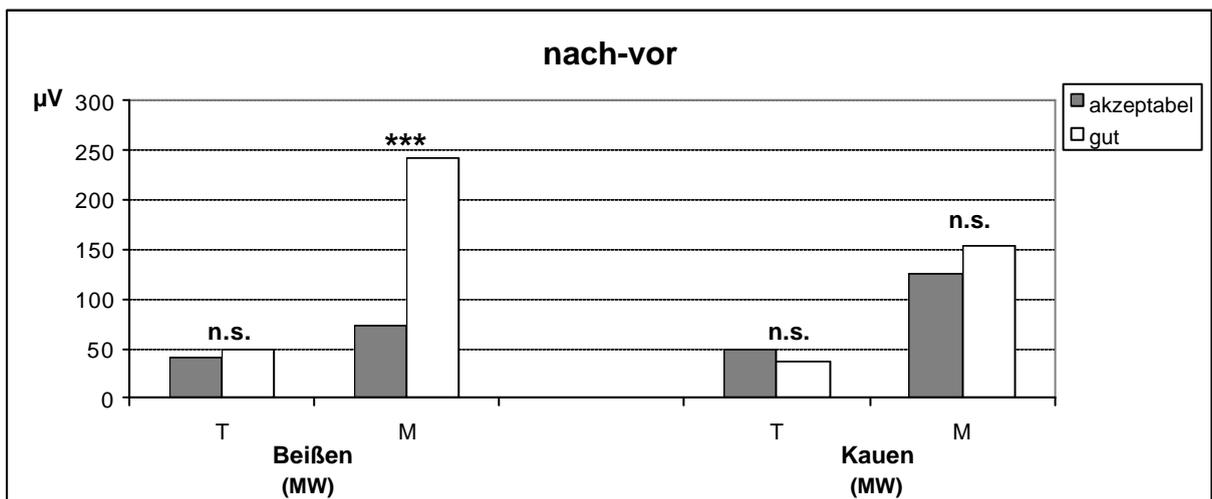
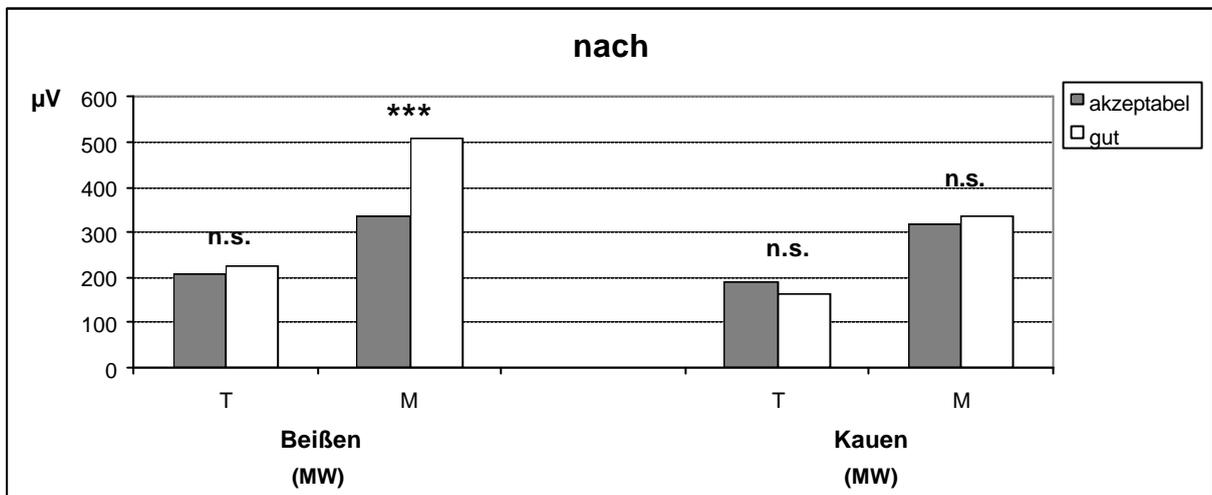
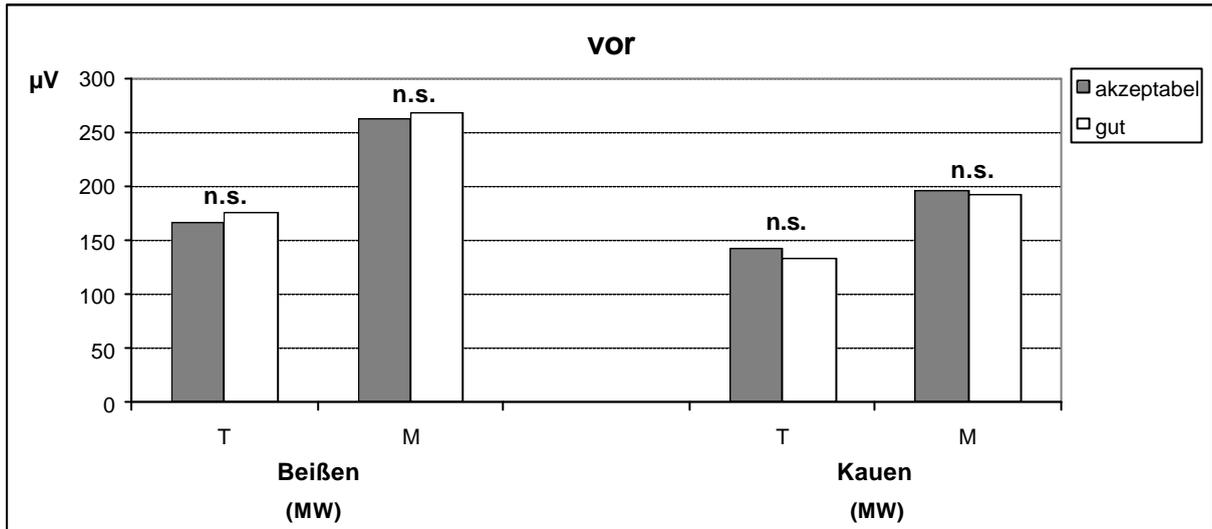
Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 20 Probanden, die ein **akzeptables** und 24 Probanden, die ein **gutes** Ergebnis hatten.

Variable (in µV)		vor						
		akzeptabel		gut		akzeptabel-gut		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	167,05	73,87	175,71	87,67	-8,66	-0,50	n.s.
	M	263,30	131,82	267,25	118,89	-3,95	-0,15	n.s.
Kauen	T	143,05	80,06	133,17	68,32	9,88	0,62	n.s.
	M	195,80	114,25	193,04	133,24	2,76	0,10	n.s.

Variable (in µV)		nach						
		akzeptabel		gut		akzeptabel-gut		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	207,70	98,84	223,75	98,89	-16,05	-0,76	n.s.
	M	335,60	186,77	509,42	212,18	-173,82	-4,04	***
Kauen	T	191,20	97,32	163,88	72,59	27,33	1,51	n.s.
	M	320,55	137,04	338,75	180,93	-18,20	-0,52	n.s.

Variable (in µV)		nach-vor						
		akzeptabel		gut		akzeptabel-gut		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	40,65	109,16	48,04	112,10	-7,39	-0,31	n.s.
	M	72,30	213,10	242,17	229,91	-169,87	-3,57	***
Kauen	T	48,15	115,46	36,25	86,06	11,90	0,55	n.s.
	M	124,75	147,38	153,75	194,71	-29,00	-0,78	n.s.

n.s. bedeutet nicht signifikant
 *** bedeutet p<0,001



n.s. bedeutet nicht signifikant; *** bedeutet $p < 0,001$

Graphik zu Tabelle 13. Vergleich der Behandlungsergebnisse - Klasse I:0

Durchschnittliche integrierte EMG-Aktivität (µV) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 20 Probanden, die ein **akzeptables** und 24 Probanden, die ein **gutes** Ergebnis hatten.

Tabelle 14. Vergleich der Behandlungsergebnisse - Klasse II:1

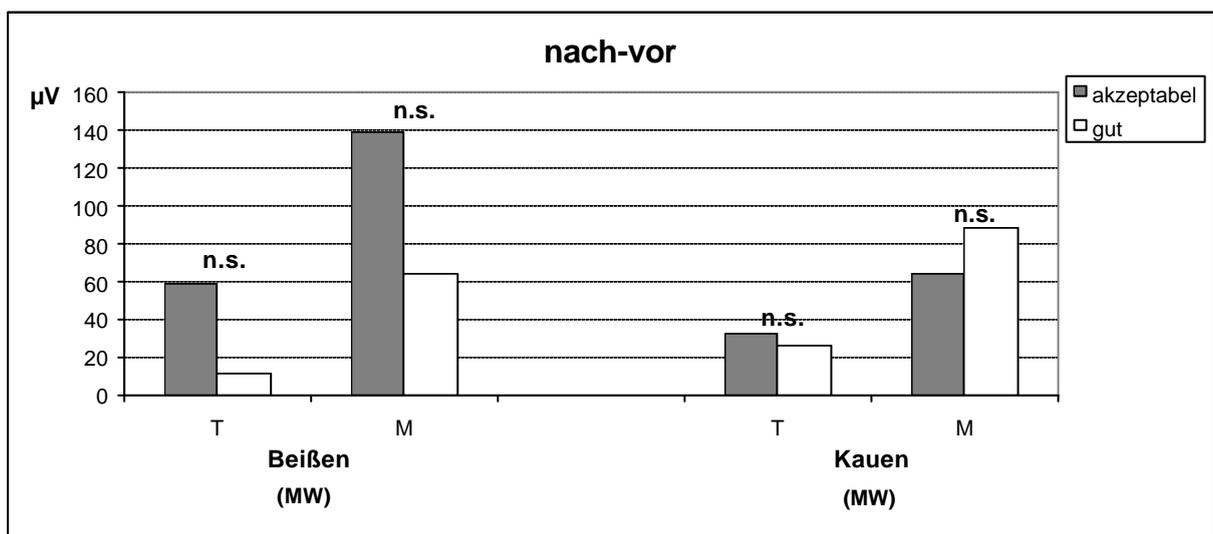
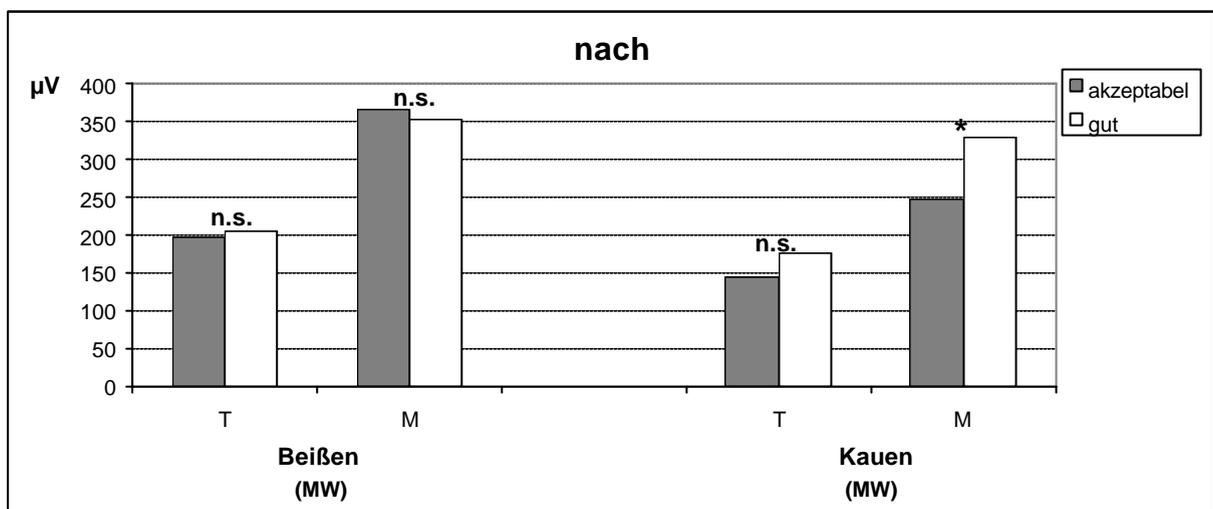
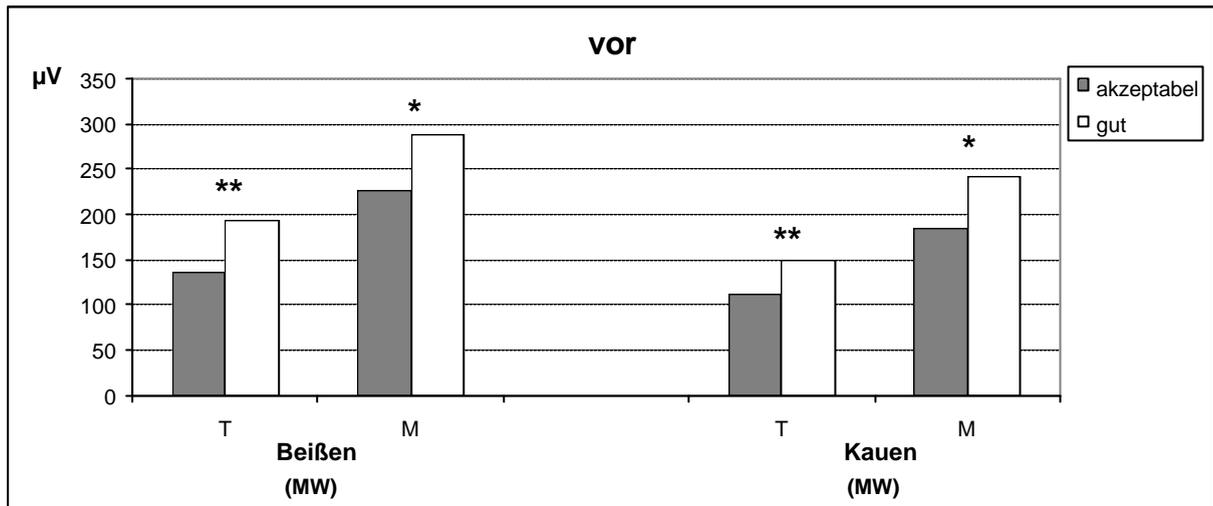
Maximale integrierte EMG-Aktivität (MW, SD) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 20 Probanden, die ein **akzeptables** und 32 Probanden, die ein **gutes** Ergebnis hatten.

Variable (in μ V)		vor						
		akzeptabel		gut		akzeptabel-gut		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	137,00	41,46	192,94	101,09	-55,94	-3,32	**
	M	226,20	98,61	289,00	174,08	-62,80	-2,08	*
Kauen	T	111,15	47,19	148,97	73,82	-37,82	-2,89	**
	M	184,25	89,90	241,31	164,07	-57,06	-2,02	*

Variable (in μ V)		nach						
		akzeptabel		gut		akzeptabel-gut		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	196,35	113,98	204,56	99,31	-8,21	-0,39	n.s.
	M	365,70	210,32	353,22	180,23	12,48	0,32	n.s.
Kauen	T	143,20	99,13	174,78	74,92	-31,58	-1,84	n.s.
	M	248,00	142,25	329,72	207,41	-81,72	-2,19	*

Variable (in μ V)		nach-vor						
		akzeptabel		gut		akzeptabel-gut		
		MW	SD	MW	SD	MW(D)	t	p
Beißen	T	59,35	117,53	11,63	127,32	47,73	1,92	n.s.
	M	139,50	197,36	64,22	195,06	75,28	1,91	n.s.
Kauen	T	32,05	97,96	25,81	88,35	6,24	0,34	n.s.
	M	63,75	141,75	88,41	223,77	-24,66	-0,62	n.s.

n.s. bedeutet nicht signifikant
 * bedeutet $p < 0,05$
 ** bedeutet $p < 0,01$



n.s. bedeutet nicht signifikant; * bedeutet $p < 0,05$; ** bedeutet $p < 0,01$

Graphik zu Tabelle 14. Vergleich der Behandlungsergebnisse - Klasse II:1

Durchschnittliche integrierte EMG-Aktivität (μV) der Musculi temporales und masseteres (T= Temporalis, M= Masseter) beim Beißen und Kauen vor und nach kieferorthopädischer Behandlung. Untersuchungen von 20 Probanden, die ein **akzeptables** und 32 Probanden, die ein **gutes** Ergebnis hatten.

6 Diskussion

6.1 Probandengut

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, anhand eines großen Probandenguts (n=103) den Einfluss der kieferorthopädischen Behandlung auf die Kaumuskelaktivität bei Klasse I:0 (n=47) und Klasse II:1 (n=56) Dysgnathien zu klären. Ein Vergleich mit den bisher in der Literatur durchgeführten Studien zu diesem Thema (*Moyers 1949, Grosfeld 1961, Grosfeld 1965, Ahlgren 1966, Möller 1966, Ahlgren et al. 1973, Moss 1975a, Moss 1975b, Simpson 1977, Ahlgren 1978, Pancherz und Anehus 1978, Freeland 1979, Pancherz 1980a, Pancherz 1980b, Pancherz und Anehus-Pancherz 1980, Pancherz und Anehus-Pancherz 1982, Lowe et al. 1983, Lowe und Takada 1984, Ingervall und Britsanis 1986, Miralles et al. 1988, Bakke und Paulsen 1989, Ingervall und Thüer 1991, Degouchi et al. 1994, Goldreich et al. 1994, Thomas et al. 1995, Miyamoto et al. 1996, Aggarwal et al. 1999, Greco et al. 1999, Störmer und Pancherz 1999*) zeigt, dass die Untersucher zumeist mit einer deutlich geringeren Probandenzahl auskommen mussten.

Um einen Einfluss des Alters auf die Ergebnisse zu erfassen, hätte man eine Kontrollgruppe mit unbehandelten Klasse I:0 und Klasse II:1 Dysgnathien longitudinal untersuchen müssen. Dies war aber aus ethischen Gründen nicht realisierbar. In der Literatur liegen solche Untersuchungen dementsprechend auch nicht vor. Stattdessen werden separate Altersgruppen miteinander verglichen und versucht, dadurch Aussagen über den Einfluss des Alters auf die Kaumuskelaktivität treffen zu können. Studien dieser Art von *Ahlgren (1966), Tallgren et al. (1983), Buchholtz (1994), Mayer (1998)* und *Trexler (2000)* zeigten keine signifikanten Unterschiede der EMG-Aktivitäten von M. masseter und M. temporalis zwischen Erwachsenen und Jugendlichen, während *Pancherz (1980b)* eine signifikante Zunahme der Masseteraktivität bei Erwachsenen fand. Auch *Moss (1975a)* konnte bei erwachsenen Probanden im Vergleich zu Kindern eine deutlich höhere Kaumuskelaktivität feststellen.

6.2 Methode

Um Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchern bei der Modellanalyse zu vermeiden wurden sämtliche Modellanalysen vom Autor selbst durchgeführt.

Die Aussagekräftigkeit und Reproduzierbarkeit von EMG-Untersuchungen ist in der Vergangenheit vielfach diskutiert worden (*Kraft 1963, Komi und Buskirk 1970, Garnick 1975, Pancherz und Winnberg 1981, Cecere et al. 1996*). Häufiger Gegenstand der Diskussionen waren die Elektrodenarten und deren Platzierung, die Auswertungsmethoden der aufgezeichneten Elektromyogramme und die Auswirkung der Kopfhaltung auf das Ergebnis.

In der vorliegenden Studie wurden bipolare Ag/AgCl Oberflächenelektroden zur Ableitung der Aktionspotentiale verwendet. Sie wurden den Häkchen- und Nadelelektroden vorgezogen, da sie für die Probanden eine weniger belastende Untersuchungsmethode darstellen und diese für den Behandler einfacher und schneller durchzuführen ist. Im Gegensatz zu den Häkchen- und Nadelelektroden registrieren sie die elektrische Aktivität größerer Muskelbezirke und nicht nur einzelner motorischer Einheiten. Sie erschienen aus diesem Grunde besser für die vorliegende Untersuchung geeignet zu sein, denn sie lassen einen Gesamteindruck über die elektrische Aktivität der Kaumuskeln zu (*Grosfeld 1961, Kraft 1963, Ahlgren 1966, Möller 1969*).

Um vergleichende Aussagen zwischen den Probanden treffen zu können ist die Anwendung einer standardisierten EMG-Untersuchungstechnik von eminenter Bedeutung (*Garnick 1975*). Die Elektroden wurden deshalb immer an die gleiche Stelle über die Muskulatur platziert und ein konstanter Interelektrodenabstand wurde beibehalten. Studien aus der Vergangenheit haben nämlich gezeigt, dass eine Zunahme des Interelektrodenabstandes eine signifikante Zunahme der EMG-Aktivität zur Folge hat (*Ahlgren 1966, Pancherz und Winnberg 1981*). Weiterhin wurde genau darauf geachtet, entsprechend den Ergebnissen früherer Untersuchungen, durch eine konstante Kopfhaltung (Campersche Ebene parallel zum Fussboden) (*Funakoshi et al. 1976, Pancherz und Winnberg 1981, Winnberg und Pancherz 1983, Nicolakis et al. 1998*) und eine Entfettung der Haut im Elektrodengebiet (*Möller 1966, Garnick 1975*) diese Einflüsse auf das Ergebnis auszuschließen.

In der vorliegenden Arbeit wurden wie in vielen anderen EMG-Studien die Funktionszustände „Maximales Zusammenbeißen in habitueller Interkuspitation“ und „Kauen von 5 Erdnüssen“ untersucht (*Ingervall und Thilander 1975, Pancherz 1980a, Pancherz 1980b, Pancherz und Anehus-Pancherz 1980, Pancherz und Winnberg 1981, Ruf et al. 1994, Tschernitschek et al. 1997, Störmer und Pancherz 1999*). Demgegenüber gibt es aber auch zahlreiche Studien, die EMG-Untersuchungen in exzentrischen Unterkieferpositionen durchgeführt haben (*Moyers 1950, Ahlgren 1978, Wloch und Lakomski 1983, Gibbs et al. 1984, Manns und Schulte 1987, Visser et al. 1992, Leung und Hägg 2001*). Der Vorteil in der habituellen Interkuspitation maximal zusammenzubeißen ist, dass jeder Proband ohne große Probleme die vorgegebene Unterkieferlage exakt und reproduzierbar einnehmen kann. Somit können aufwändige Konstruktionsbisse in exzentrischer Position mit anschließender Abformung und labortechnischer Herstellung von Okklusionsschienen entfallen. *Moss und Chalmers (1974)* und *Moss (1975a)* schrieben hierzu, dass Unterschiede der EMG-Aktivitäten zwischen den Dysgnathiegruppen I:0 und II:1 auch am besten in der Position der maximalen Interkuspitation gefunden werden können.

In dieser Studie wurden zur Registrierung der Kauaktivität Erdnüsse verwendet. In der Literatur wurden häufig auch andere Nahrungstexturen als Erdnüsse, wie z.B. Kaugummi (*Bakke et al. 1992, Degouchi et al. 1994, Degouchi et al. 1995, Yoshida 1997, Alarcon et al. 2000*) oder Äpfel (*Möller 1966, Ingervall und Egermark-Eriksson 1979, Bakke et al. 1992*) benutzt. Da ein klarer Zusammenhang zwischen der EMG-Aktivität und der Art der zu zerkauenden Nahrung besteht (*Agrawal 1998*), begrenzt eine fehlende Vereinheitlichung der Nahrungstexturen die Vergleichbarkeit der verschiedenen Studien.

Um die Genauigkeit dieser Studie zu erhöhen wurden jeweils fünf aufeinander folgende Kau- bzw. Beißzyklen ausgewertet und deren Ergebnisse gemittelt.

Für die Auswertung der Elektromyogramme hat sich seit den sechziger Jahren die Integration der aufgezeichneten Signale über die Zeit durchgesetzt. *Lippold (1952), Ralston (1961), Kraft (1963), Marx (1963)* und *Ahlgren (1966)* fanden heraus, dass eine lineare Beziehung zwischen isometrischer Kontraktion eines Muskels und dem integrierten EMG besteht. Eine ebenfalls in neuerer Zeit angewandte Methode ist die Auswertung der Elektromyogramme mittels computergestützter Fast Fourier Transformation (FFT) (*Kappert et al. 1993, Körber 1993, Watanabe 2000*). Hierzu werden die analogen Daten erst mit Hilfe eines A/D

Konverters in digitale Daten umgewandelt und dann durch den Computer transformiert. Die FFT bietet die Möglichkeit einzelne Impulse auszuwerten und somit neben den quantitativen auch qualitative Aussagen über die erhaltenen EMG-Registrate zu erhalten.

6.3 Ergebnisse

In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich hinsichtlich der EMG Aktivitäten kein regelmäßiger Unterschied zwischen den Geschlechtern. Dieses Ergebnis deckt sich mit denen von *Ahlgren (1966)*, *Buchholtz (1994)*, *Ruf et al. (1994)*, *Mayer (1998)* und *Trexler (2000)*, die ebenfalls keine signifikanten Geschlechtsunterschiede finden konnten. Kontrovers zu diesen Studien sind die Ergebnisse von *Lund und Widmer (1989)*. Sie zeigten, dass bei gleicher Kraftausübung die EMG-Aktivität des M. masseter und M. temporalis bei weiblichen Probanden in der Mehrzahl der Fälle höher war als bei den männlichen Probanden. Die Verfasser zogen den Schluss, dass bei den weiblichen Probanden eine höhere Entladungsfrequenz Ursache der höheren EMG-Aktivität war. Die Untersuchung von *Bakke (1993)* hierzu zeigte dagegen, dass bei den männlichen Probanden höhere EMG-Aktivitäten zu verzeichnen waren. Eine Erklärung der abweichenden Ergebnisse könnte in der großen Streuung der EMG-Aktivitäten liegen, die häufig nur begrenzt eine Aussage zulassen.

Bei der Untersuchung des rechts-links Verhältnisses der beiden Kaumuskeln ergaben sich vereinzelte Unterschiede, allerdings ohne erkennbare Regelmäßigkeit. Eine mögliche Erklärung für diese Unterschiede könnte sein, dass den Probanden keine Instruktionen gegeben wurden, auf welcher Seite die Erdnüsse beim Kauversuch zu kauen waren. Studien von *Ahlgren (1966)* und *Degouchi et al. (1994)* und *Degouchi et al. (1995)* konnten belegen, dass die Kaumuskelaktivität auf der Arbeitsseite signifikant höher ist als auf der Balanceseite. Auch beim „maximalen Zusammenbeißen“ traten rechts-links Unterschiede auf, die mit dem oben Geschilderten nicht erklärt werden können. Da minimale okklusale Interferenzen eine erhebliche Einwirkung auf die Kaumuskelaktivität haben (*Freesmeyer und Manns 1985* und *Freesmeyer et al. 1987*), können sie als Ursache für das gefundene Ergebnis in Frage kommen. *Eschler (1955)* schrieb hierzu, dass es im Bereich der Kaumuskulatur keine reinen Agonisten und Antagonisten gibt und man nicht ohne weiteres bei Aktivitätsunterschieden im rechts-links Vergleich auf ein muskuläres Ungleichgewicht schließen kann.

Hinsichtlich des Vergleichs der EMG-Aktivitäten der Dysgnathiegruppen I:0 und II:1 vor der Behandlung zeigten sich in der vorliegenden Studie keine statistisch belegbaren Unterschiede. Zu denselben Ergebnissen kamen *Ahlgren (1966)*, *Miralles et al. (1991)*, *Buchholtz (1994)* und *Trexler (2000)*.

Nach der Einführung der Elektromyographie in die Zahnheilkunde ging man lange Zeit davon aus, dass ein Ungleichgewicht zwischen M. masseter und M. temporalis je nach Art des Ungleichgewichtes eine Dysgnathieentwicklung (Mesial- oder Distalbisslage) begünstigen würde. Man erklärte sich eine Distalbissentwicklung logischerweise durch das Dominieren der Retraktoren (M. temporalis) gegenüber den Protraktoren (M. masseter, M. pterygoideus lateralis). So fand *Moyers* schon 1949 eine erhöhte posteriore Temporalisaktivität bei Klasse II:1 Dysgnathien. Auch die Studien von *Grosfeld (1961)* zeigten erhöhte Temporalisaktivitäten bei Patienten mit Distalbisslage. Weiterhin fand *Moss (1975a)* erhöhte Temporalisaktivitäten im anterioren Muskelbereich.

In die Vorstellung der muskulären Ursache einer Distalbisslage passten auch die Ergebnisse von *Grosfeld (1965)*, *Ahlgren et al. (1973)*, *Freeland (1979)*, *Pancherz (1980a)*, *Lowe und Takada (1984)* und *Harper et al. (1997)*, die reduzierte Masseteraktivitäten bei Klasse II:1 Dysgnathien feststellen konnten. Demgegenüber gibt es aber eine Reihe von Studien, die bei Patienten mit Distalbisslagen reduzierte anteriore Temporalisaktivitäten (*Lowe und Takada 1984*) oder reduzierte Aktivitäten am gesamten M. temporalis (*Grosfeld 1965*, *Ahlgren et al. 1973*, *Pancherz 1980a* und *Harper et al. 1997*) feststellten.

Eine mögliche Erklärung für die auffallend häufig reduzierten EMG-Aktivitäten bei den Klasse II:1 Dysgnathien könnte der Ansatz von *Ahlgren et al. (1973)* sein, der eine schlechtere Okklusion bzw. eine geringere Anzahl von Antagonistenkontakten bei Klasse II:1 Dysgnathien im Vergleich zu Klasse I:0 Dysgnathien als Ursache vermutet. Untersuchungen von *Jüde et al. (1977)*, *Pancherz und Anehus (1978)*, *Ingervall und Egermark-Eriksson (1979)*, *Pancherz (1980a)*, *Mac Donald und Hannam (1984)*, *Freesmeyer und Manns (1985)*, *Freesmeyer et al. (1987)*, *Ingervall und Thüer (1991)* und *Buchholtz (1994)* bestätigten, dass eine okklusale Instabilität sowie reduzierte Antagonistenkontakte mit reduzierten EMG-Aktivitäten von M. masseter und M. temporalis einhergehen.

Die erhöhte Masseteraktivität während des maximalen Zusammenbeißen bei der Klasse I:0 Gruppe gegenüber der Klasse II:1 Gruppe nach der Behandlung war signifikant. In der Literatur wird häufig von einer Reduzierung der Masseteraktivität bei Klasse II:1 Patienten in der kieferorthopädischen Behandlungsphase berichtet (*Pancherz und Anehus-Pancherz 1980, Bakke und Paulsen 1989, Goldreich et al. 1994, Miyamoto et al. 1996*), wobei die Autoren auftretende okklusale Interferenzen und Schmerzen, durch die KFO-Behandlung verursacht, als Ursache hierfür sehen.

Viele Autoren berichteten über eine Annäherung der EMG-Aktivität der Kaumuskulatur bei Klasse II:1 Patienten an den „Normalbefund“ nach der kieferorthopädischen Behandlung (*Moyers 1949, Grosfeld 1965, Moss 1975a, Ahlgren 1978, Ingervall und Britsanis 1986, Harper et al. 1997*), wobei meistens der Begriff „Normalbefund“ vom Autor selbst definiert wurde. Vor dem Hintergrund der hier vorliegenden Ergebnisse erscheinen die Darlegungen aber fraglich, da die Dysgnathiegruppen I:0 und II:1 vor der kieferorthopädischen Behandlung keine signifikanten Unterschiede aufwiesen. Auffallend ist weiterhin, dass in beiden Dysgnathiegruppen signifikante Aktivitätszunahmen bei beiden Kaumuskeln und bei beiden untersuchten Funktionszuständen über den vorliegenden Untersuchungszeitraum zu verzeichnen waren. Dies stimmt nur zum Teil mit den aus der Literatur bekannten Ergebnissen überein (*Moss 1975a, Pancherz und Anehus-Pancherz 1980, Aggarwal et al. 1999, Leung und Hägg 2001*). Andere Autoren berichten von gleichen prä- und posttherapeutischen EMG-Aktivitäten (*Pancherz und Anehus-Pancherz 1982, Miyamoto et al. 1996*) bzw. Aktivitätsabnahmen (*Ingervall und Britsanis 1986, Bakke und Paulsen 1989, Ingervall und Thüer 1991, Yamin-Lacouture et al. 1997, Greco et al. 1999*). Die Studien lassen sich mit der vorliegenden Untersuchung nicht so ohne weiteres vergleichen bzw. lassen die Vermutung zu, dass die Zunahme der EMG-Aktivität nicht ausschließlich auf die kieferorthopädische Behandlung, sondern zum Teil auch auf Normalveränderungen während des Wachstums zurückgeführt werden kann. Beim Vergleich der o.g. Untersuchungen ohne Aktivitätszunahme als Ergebnis fällt beispielsweise auf, dass die Untersuchungszeiträume dieser Studien im Durchschnitt 7,6 Monate betragen, während sie in der vorliegenden Studie bei durchschnittlich 6,5 Jahren lag. Weiter waren die Probanden in der Mehrzahl der Studien bereits ausgewachsen, so dass wachstumsbedingte Normalveränderungen keinen Einfluss auf die EMG-Aktivität haben können und eine Aktivitätszunahme hier nicht zu erwarten ist.

Das Hauptaugenmerk wurde in der Vergangenheit im Hinblick auf die kieferorthopädischen Behandlungsmethoden hauptsächlich auf die funktionskieferorthopädischen Geräte gelegt (*Heideborn 1965, Moss 1975b, Ahlgren 1978, Auf der Maur 1978, Pancherz und Anehus 1978, Freeland 1979, Auf der Maur 1980, Ingervall und Britsanis 1986, Miralles et al. 1988, Ingervall und Thüer 1991, Yamin-Lacouture 1997, Greco et al. 1999, Uner et al. 1999*). In der vorliegenden Arbeit wurden die kieferorthopädischen Behandlungsmittel „konventionelle Behandlungsmethoden“ (FKO-Geräte und MB-Apparaturen) und „Behandlungsmethoden mit einem Herbst-Scharnier“ getrennt untersucht und miteinander verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass bei den mit einer Herbst-Apparatur behandelten Probanden vor der Behandlung noch signifikant höhere Masseter- und Temporalisaktivitäten beim Beißen registriert werden konnten, sie sich aber in der posttherapeutischen Untersuchung statistisch nicht mehr von den Patienten, die konventionell behandelt wurden, unterschieden. Vergleichende Untersuchungen, wie in der vorliegenden Arbeit durchgeführt, sind von anderen Autoren nicht gemacht worden. Die Untersuchungen von *Pancherz und Anehus-Pancherz 1980* zeigten ebenso wie die vorliegende Untersuchung eine signifikante Aktivitätszunahme der Kaumuskulatur nach der Behandlung mit einem Herbst-Scharnier, wobei die Aktivitätsveränderung ebenfalls für den M. masseter am größten war. Die Studien von *Hägg und Leung 2001* bestätigten die gefundenen Ergebnisse von *Pancherz und Anehus-Pancherz 1980*. Etwas aus der Reihe fallen die Ergebnisse von *Bakke und Paulsen 1989*, deren Ergebnisse eine vierzigprozentige Aktivitätsreduzierung am M. masseter nach kieferorthopädischer Behandlung lieferten. Allerdings zeigt ein Vergleich des Probandengutes, dass *Bakke und Paulsen* nur einen adulten Probanden, *Pancherz und Anehus-Pancherz* 10 jugendliche und *Leung und Hägg* 14 jugendliche Probanden untersuchten, weswegen auch hier vergleichende Aussagemöglichkeiten begrenzt sind.

Beim Vergleich der Frontzahnrelation (offener und tiefer Biss) der Klasse II:1 Dysgnathien war lediglich der Unterschied am M. temporalis beim Beißen signifikant. Während die Temporalisaktivität vor der Behandlung bei den Probanden mit einem ursprünglich offenen Biss höher war als bei den Probanden mit einem ursprünglich tiefen Biss, war die Situation nach der Behandlung umgekehrt. Dieses Ergebnis konnte so nicht unbedingt erwartet werden, wenn man davon ausgeht, dass die Anzahl der Zähne in Okklusionskontakt bei Probanden mit einem offenen Biss geringer ist als bei Probanden mit einem tiefen Biss. Somit würde, wie bereits oben erwähnt, aufgrund der reduzierten Antagonistenkontakte eine geringere EMG-Aktivität bei diesen Probanden im Vergleich zu den Aktivitäten der Probanden mit einem

tiefen Biss zu erwarten sein. Anhand der vorliegenden Ergebnisse konnte also kein deutlicher Einfluss der vertikalen Frontzahnrelation auf die EMG-Aktivität festgestellt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Studien von *Ahlgren et al. (1973)*, *Pancherz und Anehus (1978)*, *Pancherz und Anehus-Pancherz (1980)*, *Buchholtz (1994)*, *Mayer (1998)*, steht aber im Widerspruch zu den Studien von *Möller (1966)*, *Lowe und Johnston (1979)*, *Lowe (1980)*, *Bakke und Michler (1991)*, *Miralles et al. (1991)*.

Beim Vergleich der Behandlungsergebnisse „akzeptabel“ und „gut“ der Dysgnathiegruppe I:0 ergaben sich vor der Behandlung keinerlei statistische Unterschiede. Bei der Dysgnathiegruppe II:1 hingegen waren die EMG-Aktivitäten vor der Behandlung für beide Kaumuskeln und für beide Funktionszustände bei der Gruppe mit einem guten Behandlungsergebnis signifikant höher als bei der Gruppe mit einem akzeptablen Behandlungsergebnis. Auch dieses Resultat konnte nicht unbedingt so erwartet werden. Es ist an dieser Stelle hervorzuheben, dass die Beurteilung des Behandlungsergebnisses immer auch einen Bezug zur Ausgangslage vor der Behandlung hat und gute bzw. sehr gute Ergebnisse nur bei erfolgreicher Behandlung stärkerer Dysgnathienverhältnisse erzielt werden konnten. Deswegen würde man vor der Behandlung eher geringere EMG-Aktivitäten bei den Klasse II:1 Dysgnathien mit einem guten Behandlungsergebnis im Vergleich zu den Klasse II:1 Dysgnathien mit einem akzeptablen Behandlungsergebnis erwarten und diese Tatsache mit einer ursprünglich schlechteren Okklusion erklären können. Kritisch muss man hierzu allerdings anmerken, dass die Beurteilungsmethode des Behandlungsergebnisses nach *Ahlgren* keine klaren objektiven Beurteilungskriterien enthält und somit dem Untersucher bei der Modellanalyse einen Bewertungsspielraum lässt. Eine Erklärung über die gefundenen Ergebnisse vermag die vorliegende Studie nicht zu geben. Nach der Behandlung war die Masseteraktivität bei den Klasse I:0 Dysgnathien während des maximalen Zusammenbeißen und bei den Klasse II:1 Dysgnathien beim Kauen mit einem guten Behandlungsergebnis deutlich höher. Es scheint durchaus so zu sein, dass sich ein gutes Behandlungsergebnis positiv auf die Masseteraktivität auswirkt. Vergleichende Untersuchungen hierzu sind nicht möglich, da in der Literatur keine weiteren zu diesem Thema existieren.

7 Schlussfolgerung

Aus den vorgestellten Untersuchungen lässt sich schlussfolgern, dass:

1. die EMG-Aktivitäten sich vor der Behandlung nicht signifikant zwischen den Probanden der Dysgnathiegruppen I:0 und II:1 unterscheiden,
2. die EMG-Aktivitäten in beiden Dysgnathiegruppen nach der Behandlung signifikant größer sind als vor der Behandlung, dies aber nicht ausschließlich als Ursache der kieferorthopädischen Behandlung gesehen werden kann, sondern zum Teil auf normale Veränderungen während des Wachstums zurückzuführen ist,
3. sich die Wahl der Behandlungsmethode nicht elektromyographisch auf die Kaumuskelaktivität auswirkt,
4. kein Zusammenhang zwischen der elektromyographischen Kaumuskelaktivität und den vertikalen Okklusionsverhältnissen von der Zeit vor der Behandlung besteht
5. und ein positiver Zusammenhang zwischen einem guten Behandlungsergebnis und der Masseteraktivität besteht (d.h. gute Behandlungsergebnisse mit höheren Masseteraktivitäten korrelieren).

8 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die elektromyographische (EMG) Aktivität der Mm. temporales und masseteres bei Dysgnathiepatienten der Klasse I:0 und II:1 vor und nach kieferorthopädischer Behandlung zu untersuchen und die Resultate zu den Okklusionsverhältnissen vor der Behandlung und dem Behandlungsergebnis in Verbindung zu bringen.

Untersucht wurden 103 Probanden, die eine Klasse I:0 (n=47) oder eine Klasse II:1 (n=56) Dysgnathie aufwiesen. In der Klasse I:0 Gruppe wurden alle Probanden mit konventionellen Methoden (Plattenapparatur, Aktivator, Multibracketapparatur) behandelt, während in der Klasse II:1 Gruppe 41 Probanden mit konventionellen Methoden und 15 Probanden mit einer Herbst-Apparatur behandelt wurden. Bei allen Probanden wurden zwei EMG-Registrierungen durchgeführt und bewertet: vor Beginn und nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung.

Für die Beurteilung der vertikalen Okklusionsverhältnisse wurden von jedem Probanden kieferorthopädische Gebissmodelle von der Zeit vor der Behandlung analysiert. Zur Beurteilung des Behandlungsergebnisses wurden die Abschlussmodelle mit denen vor der Behandlung verglichen. Das Behandlungsergebnis wurde nach der Methode von Ahlgren (1988) bewertet.

Mittels bipolarer Oberflächenelektroden, die nach einem standardisierten Schema auf die Haut über den untersuchten Muskeln geklebt wurden, wurde die EMG-Aktivität der Mm. masseteres und temporales während des maximalen Zusammenbeißen und beim Kauen von Erdnüssen beidseitig registriert. Zur quantitativen Auswertung wurden die integrierten Elektromyogramme begutachtet.

Die Untersuchung führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Vor der Behandlung lagen keine signifikanten Unterschiede in der EMG-Aktivität der beiden Kaumuskeln beim Vergleich der Dysgnathiegruppen I:0 und II:1 vor.

2. Nach der kieferorthopädischen Behandlung ergab sich für die Dysgnathiegruppen I:0 und II:1 eine signifikant höhere EMG-Aktivität bei beiden Kaumuskeln beim Beißen und Kauen ($0,001 < p < 0,05$) als vor der Behandlung.
3. Nach der Behandlung zeigte nur der M. masseter beim Beißen eine signifikant höhere Aktivität ($p < 0,01$) in der Dysgnathiegruppe I:0 als in der Gruppe II:1 auf.
4. Die mit der Herbst-Apparatur behandelten Klasse II:1 Dysgnathien zeigten vor der Behandlung höhere EMG-Aktivitäten des M. masseter ($p < 0,001$) und des M. temporalis ($p < 0,05$) beim maximalen Zusammenbeißen auf als die mit konventionellen Geräten behandelten Probanden. Nach der Behandlung konnte kein signifikanter Unterschied der EMG-Aktivitäten zwischen den Behandlungsmethoden gefunden werden.
5. Für den M. temporalis beim maximalen Zusammenbeißen war die EMG-Aktivität der Klasse II:1 Probanden mit einem ursprünglich offenen Biss vor der Behandlung größer als bei Probanden mit einem ursprünglich tiefen Biss ($p < 0,01$). Nach der Behandlung war die EMG-Aktivität des M. temporalis beim maximalen Zusammenbeißen bei Probanden mit einem ursprünglich tiefen Biss größer als bei Probanden mit einem ursprünglich offenen Biss ($p < 0,05$). Für den M. masseter ließen sich keine statistisch belegbaren Aktivitätsunterschiede zwischen offenem und tiefem Biss vor und nach der Behandlung feststellen.
6. Klasse I:0 Probanden mit gutem und akzeptablem Behandlungsergebnis wiesen vor der Behandlung keine signifikanten Unterschiede in der EMG-Aktivität der beiden Kaumuskeln vor. Nach der Behandlung wurde eine höhere EMG-Aktivität für den M. masseter beim maximalen Zusammenbeißen bei Probanden mit gutem Ergebnis als bei den Probanden mit akzeptablem Ergebnis beobachtet ($p < 0,001$). Für den M. temporalis ließen sich keine statistisch belegbaren Unterschiede zwischen den Ergebnisgruppen vor und nach der Behandlung feststellen.
7. Klasse II:1 Probanden mit gutem Ergebnis zeigten vor der Behandlung eine signifikant höhere EMG-Aktivität des M. temporalis und des M. masseters beim maximalen Zusammenbeißen ($p < 0,01$ bzw. $p < 0,05$) und beim Kauen ($p < 0,01$ bzw. $p < 0,05$) als die Probanden mit akzeptablem Ergebnis. Nach der Behandlung lag bei Probanden mit gutem Ergebnis eine signifikant höhere Muskelaktivität für den M. masseter beim Kauen ($p < 0,05$)

als bei Probanden mit akzeptablem Ergebnis vor. Für den M. temporalis ließen sich keine Unterschiede zwischen beiden Ergebnisgruppen nach der Behandlung feststellen.

Schlussfolgernd konnte nicht festgestellt werden, dass die kieferorthopädische Behandlung einen Einfluss auf die Kaumuskelaktivität hat. Dies gilt sowohl beim Vergleich der untersuchten Dysgnathiegruppen (Klasse I:0 und Klasse II:1), der Behandlungsmethoden bei der Klasse II:1 (Konventionell und Herbst) als auch bei den vertikalen Okklusionsverhältnissen (offen und tief). Allerdings schien sich ein gutes Behandlungsergebnis positiv auf die Masseteraktivität im Sinne einer Aktivitätserhöhung auszuwirken. Die Möglichkeit, dass die Veränderungen der EMG Aktivität während des Untersuchungszeitraumes zum Teil durch normale Veränderungen während des Wachstums bedingt sind, kann nicht ausgeschlossen werden.

9 Summary (Zusammenfassung in Englisch)

The aim of the present investigation was to analyze the EMG activity of the masseter and temporal muscles in Class I:0 and Class II:1 malocclusions before and after orthodontic treatment and to relate these findings to the occlusion before treatment and the result of orthodontic treatment.

103 subjects with a Class I:0 (n=47) and Class II:1 (n=56) malocclusion were examined. The Class I:0 subjects were treated with “conventional appliances” (active plate, activator, multibracket appliance) while in the Class II:1 group 41 subjects were treated with “conventional appliances” and 15 subjects with the Herbst appliance. In all subjects two electromyographic (EMG) recordings existed: one before and one after orthodontic treatment.

In the evaluation of the vertical tooth relationships orthodontic models from before treatment were analyzed. In the evaluation of the treatment result models from after treatment were compared with the model from before treatment by using the method of *Ahlgren (1988)*.

The EMG activity of the masseter and temporal muscles was assessed during maximal clenching and chewing of five peanuts. Bilateral recordings were made using bipolar surface electrodes positioned according to a standardized scheme. For a quantity evaluation the integrated electromyograms were examined.

The following results were found:

1. Before orthodontic treatment no significant differences for the two muscles analyzed existed when comparing Class I:0 and Class II:1 malocclusions.
2. After orthodontic treatment when compared to before treatment in both malocclusion groups a significant larger EMG activity ($0.001 < p < 0.05$) existed. This was true for both muscles and both functions.
3. After treatment the masseter muscle exhibited a larger activity during clenching in the Class I:0 group than in the Class II:1 group.

4. Herbst treated Class II:1 subjects exhibited a larger EMG activity during maximal clenching before treatment than conventionally treated Class II:1 subjects. This was true for both the masseter ($p < 0.001$) and temporal ($p < 0.05$) muscles. After treatment no significant differences between the Herbst and conventionally treated Class II:1 subjects existed.

5. Before treatment Class II:1 subjects with an open bite exhibited a larger temporal EMG activity ($p < 0.01$) during maximal clenching than those with a deep bite. After treatment the temporal activity in the subjects with an original deep bite was significantly larger than in the subjects with an original open bite ($p < 0.05$). For the masseter muscle there were no significant differences between the subject groups.

6. In the Class I:0 group at the time of before treatment no differences in the EMG activity existed between subjects with a “good” and “acceptable” treatment result. After treatment the masseter activity during maximal clenching was larger in subjects with a “good” treatment result than in subjects with an “acceptable” treatment result ($p < 0.001$). After treatment no differences between the two treatment result groups existed for temporal EMG activity.

7. In Class II:1 subjects with a “good” treatment result a larger EMG activity during maximal clenching ($p < 0.01$ and $p < 0.05$ respectively) and during chewing ($p < 0.01$ and $p < 0.05$ respectively) was seen before treatment in the masseter and temporal muscles than in subjects with an “acceptable” treatment result. After treatment the masseter activity during chewing in subjects with a “good” treatment result exceeded that in subjects with an “acceptable” result ($p < 0.05$). No significant differences between the treatment result groups were found for the temporal muscle.

In conclusion the results of this investigation could not verify an influence of orthodontic treatment on the masticatory muscle EMG activity. This was the case when comparing the malocclusions (Class I:0 and Class II:1), the treatment methods (conventional and Herbst), as well as vertical tooth relationships (open and deep bite). However the masseter EMG activity seemed to be positively affected by a good treatment result. The possibility cannot be excluded, however, that the changes in the EMG activity during the total examination period could partially be attributed to normal growth changes.

10 Literaturverzeichnis

Aggarwal P., Kharbanda O.P., Mathur R., Duggal R., Parkash H.

Muscle response of the twin-block appliance : An electromyographic study of the masseter and anterior temporal muscles.

Am J Orthod 1999; 116: 405-414

Agrawal K.R., Lucas P.W., Bruce I.C., Prinz J.F.

Food properties that influence neuromuscular activity during human mastication.

J Dent Res 1998; 77 :1931-1938

Ahlgren J.

Mechanism of mastication. A quantitative cinematographic and electromyographic study of masticatory movements in children, with special reference to occlusion of the teeth.

Acta Odontol Scand 1966; 24: Suppl. 44

Ahlgren J.

Early and late electromyographic response to treatment with activators.

Am J Orthod 1978; 74: 88-93

Ahlgren J.

Tiourig utvärdering av ortodoniska behandlingsresultat.

Tandläkartidningen 1988 ; 80: 208-16

Ahlgren J., Ingervall B., Thilander B.

Muscle activity in normal and postnormal occlusion.

Am J Orthod 1973; 64: 445-456

Alarcon J.A., Martin C., Palm J.C.

Effect of unilateral crossbite on the electromyographic activity of human masticatory muscles.

Am J Orthod Dentofc Orthop 2000; 118: 328-334

Andresen V., Häupl K.

Funktionskieferorthopädie; Die Grundlagen des norwegischen Systems.

Leipzig 1936; J.A. Barth

Auf der Maur H.J.

Elektromyographische Befunde am Musculus pterygoideus externus während der Distalbißtherapie mit dem Aktivator.

Schweiz Mschr Zahnheilk 1978; 88: 1085-1099

Auf der Maur H.J.

Electromyographic recordings of the lateral pterygoid muscle in activator treatment of Class II, Division 1 malocclusions cases.

Europ J Orthod 1980; 2: 161-171

Bakke M.

Mandibular elevator muscles : physiology, action and effect of dental occlusion.

Scand J Dent Res 1993; 101: 314-331

Bakke M., Michler L.

Temporalis and masseter muscle activity in patients with anterior open bite and craniomandibular disorders.

Scand J Dent Res 1991; 99: 219-228

Bakke M., Michler L., Möller E.

Occlusal control of mandibular elevator muscles.

Scand J Dent Res 1992; 100: 284-291

Bakke M., Paulsen H.U.

Herbst treatment in late adolescence: clinical, electromyographic, kinesiographic and radiographic analysis of one case.

Europ J Orthod 1989; 11: 397-407

Bakke M., Stoltze K., Tuxen A.

Variables related to masseter muscle function: a maximum R improvement analysis.
Scand J Dent Res 1993; 101: 159-165

Buchholtz S.

Elektromyographische Untersuchungen der Kaumuskulatur in Bezug auf Dysgnathien und die Frühphase der kieferorthopädischen Behandlung.
Zahnmed Diss 1994; Justus-Liebig-Universität Gießen

Buchthal F.

Einführung in die Elektromyographie.
Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin 1958

Cecere F., Ruf S., Pancherz H.

Is quantitative electromyography reliable?
J Orofac Pain 1996; 10: 38-47

Clark W.J.

Twin Block functional therapy. Applications in dentofacial orthopedics.
Mosby Wolfe 1995; London

Degouchi T., Garetto L.P., Sato Y., et al.

Statistical analysis of differential Lissajous EMG from normal occlusion and Class III malocclusion.
Angle Orthod 1995; 19: 151-160

Degouchi T., Kumai T., Garetto L.

Statistics of differential Lissajous EMG for normal occlusion and Class II malocclusion.
Am J Orthod Dentofac Orthop 1994; 105: 42-48

Eschler J.

Elektrophysiologische und pathologische Untersuchungen des Kausystems, 4. Mitteilung:
Elektromyographische Untersuchungen über die Wirksamkeit muskeltonussteigernder
Medikamente bei Anwendung des Andresen-Häupl-Apparates.

Dtsch Zahnärztl Z; 1955; 10: 1421-1428

Fränkel R.

Technik und Handhabung der Funktionsregler.

Volk und Gesundheit 1984; Berlin, 3.Auflage

Freeland T.D.

Muscle function during treatment with the functional regulator.

Angle Orthod 1979; 49: 247-258

Freesmeyer W.B., Hüls A., Lutz R., Vogel J.

Änderung der elektromyographisch aufgezeichneten Aktivität der Elevatoren durch
experimentelle Okklusions- und Artikulationsstörungen.

Dtsch Zahnärztl Z 1987; 42: 374-379

Freesmeyer W.B., Manns A.

Einfluß experimenteller Okklusionsstörungen auf die elektromyographische Aktivität der
Elevatoren.

Dtsch Zahnärztl Z 1985; 40: 875-880

Funakoshi M., Fujita N., Takehana S.

Relations between occlusal interference and jaw muscle activities in response to changes in
head position.

J Dent Res 1976; 55: 684-690

Garnick J. J.

Reproducibility of the electromyogram.

J Dent Res 1975; 54: 867-871

Gibbs C.H., Mahan P.E., Wilkinson T.M., Mauderli A.

EMG activity of the superior belly of the lateral pterygoid muscle in relation to other jaw muscles.

J Proshet Dent 1984; 51: 691-702

Goldreich H., Gazit E., Lieberman M.A., Rugh, J.D.

The effect of pain from orthodontic arch wire adjustment on masseter muscle electromyographic activity.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1994; 106: 365-370

Greco P.M., Vanarsdall R.L., Levrini M., Read R.

An evaluation of anterior temporal and masseter muscle activity in appliance therapy.

The Angle Orthod 1999; 69: 141-146

Grosfeld O.

Die Rolle der elektromyographischen Analyse in der kieferorthopädischen Diagnose.

Dtsch Stomat 1961; 11: 942-952

Grosfeld O.

Changes of muscle activity patterns as a result of orthodontic treatment.

Europ Orthod Soc Transact 1965; 203-214

Harper R.P., De Bruin H., Burcera I.

Muscle activity during mandibular movements in normal and mandibular retrognathic subjects.

J Oral Maxillofac Surg 1997; 55: 225-233

Heideborn M.

Klinische und elektromyographische Ergebnisse nach Behandlung mit dem Schienenaktivator von Soulet-Besombes.

Fortschr Kieferorthop 1965; 26: 293-399

Herbst (1910)

Atlas und Grundriss der Zahnärztlichen Orthopädie.

Lehmann, München 1910

Ingervall B., Britsanis E.

Function of masticatory muscles during the initial phase of activator treatment.

Europ J Orthod 1986; 8: 172-184

Ingervall B., Egermark-Eriksson I.

Function of temporal and masseter muscles in individuals with dual bite.

Angle Orthod 1979; 49: 131-140

Ingervall B., Thilander B.

Activity of temporal and masseter muscles in children with a lateral forced bite.

Angle Orthod 1975; 45: 249-258

Ingervall B., Thüer U.

Temporal muscle activity during the first year of Class II, Division 1 malocclusion treatment with an activator.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1991; 99: 361-368

Jüde H.D., Fukusshima S., Drechsler F., Neuhauser B.

Elektromyographische Untersuchungen an der Kaumuskelatur nach Präparation endständiger Molaren als Brückenpfeiler.

Dtsch Zahnärztl Z 1977; 32: 711-714

Kappert H.F., Jonas I., Heintz S.

Analyse elektromyographischer Signale nach transkutaner Elektroneurostimulation der Kaumuskelatur.

Dtsch Zahnärztl Z 1993; 48: 594-596

Körber K. H.

Myographie und Biomechanik des Kauorgans.

Dtsch Zahnärztl Z 1993; 48: 532-539

Komi P.V., Buskirk E.R.

Reproducibility of electromyographic measurement with inserted wire electrodes and surfaces electrodes.

Electromyography 1970; 4: 357-367

Kraft E.

Möglichkeiten und Grenzen elektromyographischer Untersuchungsmethoden in der Zahn-
Mund- und Kieferheilkunde.

Dtsch Zahnärztl Z 1963; 18: 904-915

Leung, D.K., Hägg U.

An electromyographic Investigation of the First Six Month of Progressive Mandibular
Advancement of the Herbst Appliance in Adolescents.

Angle Orthod 2001; 71: 177-184

Lippold O.J.C.

The relation between integrated action potentials in human muscle and its isometric tension.

J. Physiol. 1952; 117: 492-499

Lowe A. A.

Correlations between orofacial muscle activity and craniofacial morphology in a sample of
control and anterior open bite subjects.

Am J Orthod 1980; 78: 89-98

Lowe A., Jonston W.D.

Tongue and jaw muscle activity in response to mandibular rotations in sample of normal and
anterior open-bite subjects.

Am J Orthod 1979; 76: 565-576

Lowe A. A., Takada K.

Associations between anterior temporal, masseter and orbicularis oris muscle activity and
craniofacial morphology in children.

Am J Orthod 1984; 86: 277-283

Lowe A.A., Takada K., Taylor L.M.

Muscle activity during function and its correlations with craniofacial morphology in a sample of subjects with Class II, Division 1 malocclusions.

Am J Orthod 1983; 84: 204-211

Ludin H.P.

Praktische Elektromyographie.

Enke, Stuttgart, 5. Auflage 1997

Lund J.P., Widmer C.G.

An evaluation of the use of surface electromyography in the diagnosis, documentation and treatment of dental patients.

J of Craniomand Disord: Facial and Oral Pain 1989; 3: 125-135

MacDonald J.W.C., Hannam A.G.

Relationship between occlusal contacts and jaw-closing muscle activity during tooth clenching: Part II

J Proshet Dent 1984; 52: 862-867

Manns A., Schulte W.

Die exzentrische Okklusion und ihr Einfluß auf die elektromyographische Aktivität der Unterkiefererlevatoren.

Dtsch Zahnärztl Z 1987; 42: 62-71

Marx R.

The use of integrators in electromyographic investigations of orthodontic problems.

Europ Orthod Soc Transact 1963; 318-328

Mayer C.

Beziehung zwischen dentoskelettaler Morphologie und Aktivität der Kaumuskulatur. Eine röntgenkephalometrische und elektromyographische Studie.

Zahnmed Diss 1998; Justus-Liebig-Universität Gießen

Mc Glynn F.D., Bichajian C., Tira D.E., Lundeen H.C., Mahan P.E., Nicholas B.V.

The effect of experimental stress and experimental occlusion interference on masseteric EMG activity.

J Craniomand Disord Facial Pain 1989; 3: 87-92

Miralles R., Berger R., Bull. R., Manns A., Carvajal R.

Influence of the activator on electromyographic activity of mandibular elevator muscles.

Am J Dentofac Orthop 1988; 94: 97-103

Miralles R., Hevia R., Contreras L., Carjaval R., Bull R., Manns A.

Patterns of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types.

Angle Orthod 1991; 61: 277-283

Miyamoto K., Ishizuka Y., Tanne K.

Changes in masseter muscle activity during orthodontic treatment evaluated by a 24-hour EMG system.

Angle Orthod 1996; 66: 223-228

Möller E.

The Chewing Apparatus – an Electromyographic Study of the Action of the Muscles of Mastication and its Correlation to Facial Morphology.

Acta Physiol Scand 1966; 69: Suppl. 1-229

Möller E.

Clinical electromyography in dentistry.

Int Dent J 1969; 19: 250-266

Moss J.P.

Function – Fact or fiction?

Am J Orthod 1975; 67: 625-646

Moss J.P.

An investigation of the muscle activity of patients with Class II, Division 2 malocclusion and the changes during treatment.

Europ Orthod Soc Transact 1975; 87-101

Moss J.P., Chalmers C.P.

An electromyographic investigation of patterns with a normal jaw relationship and a Class III jaw relationship.

Am J Orthod 1974; 66: 538-555

Moyers R.E.

Temporomandibular muscle contraction patterns in Angle Class II, Division 1 malocclusions; an electromyographic analysis.

Am J Orthod 1949 ; 837-857

Moyers R.E.

An electromyographic analysis of certain muscles involved in temporomandibular movement.

Am J Orthod 1950; 36: 481-513

Nicolakis P., Piehslinger E., Nicolakis M., Vachuda M., Fialka-Moser V.

Zusammenhänge zwischen Haltungsasymmetrien und dem Ruhetonus des M. masseter.

Dtsch Zahnärztl Z 1998; 53: 608-612

Nielsen I.L., Mc Neill C., Danzig W., Goldman S., Levy J., Miller A.J.

Adaption of craniofacial muscles in subjects with craniomandibular disorders.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1990; 97: 20-34

Pancherz H.

Activity of the temporal and masseter muscles in Class II, Division 1 malocclusions.

An electromyographic investigation.

Am J Orthod 1980; 77: 679-688

Pancherz H.

Temporal and masseter muscle activity in children and adults with normal occlusion. An electromyographic investigation.

Acta Odontol Scand 1980; 38: 343-348

Pancherz H.

Kommentar zum Befundbericht und Behandlungsplan.

10. Auflage 2000, Giessen

Pancherz H., Anehus M.

Masticatory function after activator treatment. An analysis of masticatory efficiency, occlusal contact conditions and EMG activity.

Acta Odontol Scand 1978; 36: 309-316

Pancherz H., Anehus-Pancherz M.

The effect of continuous bite jumping with the Herbst appliance on the masticatory system: A functional analysis of treated Class II malocclusions.

Europ J Orthod 1982; 4: 37-44

Pancherz H., Anehus-Pancherz M.

Muscle activity in Class II, Division 1 malocclusions treated by bite jumping with the Herbst appliance. An electromyographic study.

Am J Orthod 1980; 78: 321-329

Pancherz H., Winnberg A.

Reliability of EMG registrations. A quantitative analysis of masseter muscle activity.

Electr clin Neurophysiol 1981; 21: 67-81

Penkner K., Janda M., Köle W., Polansky R., Wieselmann G.

Die EMG-Aktivität des M. masseter und M. temporalis bei Patienten mit Funktionsstörungen und Tinnitus.

Dtsch Zahnärztl Z 1999; 54: 396-402

Platzer W.

Taschenatlas der Anatomie. Band 1, Bewegungsapparat
Thieme, 6. Auflage 1991

Ralston H.J

Uses and limitations of electromyography in the quantitative study of skeletal muscle function.

Am J Orthod 1961; 47: 521-530

Rohen J.W.

Anatomie für Zahnmediziner.

Schattauer 1994, 3. Auflage

Ruf S., Cecere F., Kupfer J., Pancherz H.

Stress-induced changes in the functional electromyographic activity of the masticatory muscles.

Acta Odontol Scand 1997; 55: 44-48

Ruf S., Pancherz H., Kirschbaum M.

Gesichtsmorphologie, Größe und Aktivität des Musculus masseter.

Fortschr Kieferorthop 1994; 55: 219-227

Schindler H.J., Stengel E., Spieß W.E.L.

Elektromyographische Aktivität, Kraftentwicklung und Kinematik beim Kauen fester Nahrungstexturen.

Dtsch Zahnärztl Z 1998; 53: 551-558

Schmuth G.P.F., Vardimon A.D.

Kieferorthopädie

Thieme 1994, 3. neubearbeitete und erweiterte Auflage

Simpson M.M.

An electromyographic investigation of the perioral musculature in Class II, Division 1 malocclusion.

Br J Orthod 1977; 4: 17-22

Störmer K., Pancherz H.

Electromyography of the perioral and masticatory muscles in orthodontic patients with atypical swallowing.

J Orofac Orthop 1999; 60: 13-23

Tallgren A., Holden S., Lang B.R., Ash M.M.

Correlations between EMG jaw muscle activity and facial morphology in complete denture wearers.

J Oral Rehabil 1983; 10: 105-120

Thomas G.P., Throckmorton G.S., Ellis E 3rd, Sinn, D.P.

The effects of orthodontic treatment on isometric bite forces and mandibular motion in patients before orthognathic surgery.

J Oral Maxillofac Surg 1995; 53: 673-678

Trexler A.M.

Elektromyographische Kaumuskelaktivität und Gesichtsschädelmorphologie bei Kindern und Erwachsenen der Angle Klassen I:0 und II:1.

Zahnmed Diss 2000; Justus-Liebig-Universität Gießen

Tschernitschek H., Rossbach A.

Untersuchungen zur integrierten Myographie bei Patienten mit okklusalen Fehlkontakten.

Dtsch Zahnärztl Z 1988; 43: 1107-1108

Tschernitschik H., Stempel J., Eisenburger M., Rossbach A.

Vergleichende Untersuchungen zur Validität verschiedener Auswerteverfahren des Masseter-Oberflächen-EMG.

Dtsch Zahnärztl Z 1997; 52: 264-267

Uner O., Darendeliler N., Bilir E.

Effects of an activator on the masseter and anterior temporalis muscle activities in Class II malocclusions.

J Clin Pediatr Dent 1999; 23: 327-332

Visser A., Mc Caroll R.S., Naeje M.

Masticatory muscle activity in different jaw relations during submaximal clenching efforts.

J Dent Res 1992; 71: 372-379

Waldeyer A., Mayet A.

Anatomie des Menschen 2.

De Gruyther 1993; Berlin, New York

Watanabe K.

The relationship between dentofacial morphology and the isometric jaw-opening and closing muscle function as evaluated by electromyography.

J Oral Rehabil 2000; 27: 639-645

Winnberg A., Pancherz H.

Head posture and masticatory muscle function. An electromyographic investigation.

Eur J Orthod 1983; 5: 209-217

Wloch S., Lakomski J.

Die Veränderung des Tonuses der Temporalis- und Massetermuskeln bei Retrusion des Unterkiefers.

Stomatol DDR 1983; 33: 828-832

Yamin-Lacouture C., Woodside D.G., Sectakof P.A., Sessle, B.J.

The action of three types of functional appliances on the activity of the masticatory muscles.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1997; 112: 560-572

Yoshida K.

Koordination der Kaumuskeln beim Kauen aus Sicht der Kondylusbewegung bei Patienten mit Diskusdislokation.

Dtsch Zahnärztl Z 1997; 11: 816-820

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. Pancherz für die Themenstellung und die freundliche Betreuung der vorliegenden Arbeit.

Außerdem gilt mein Dank Frau E. Völker und Frau R. Lapp für die Aufzeichnung der Elektromyogramme und Herrn H. Meyer für die Erstellung der Fotos.

Bei Frau A. Horstjann und Frau G. Horstjann bedanke ich mich für das Lesen der Korrektur.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich während der gesamten Ausbildung und darüber hinaus unterstützt haben. Gleichzeitig widme ich ihnen diese Arbeit.

Lebenslauf

Andre Siemer

17. Juli 1976	geboren als erstes Kind der Eheleute Anton Siemer und Elfriede Siemer, geb. Bitter in Oldenburg
1983-1987	Grundschule Marienschule Barßel
1987-1989	Orientierungsstufe Barßel
1989-1996	Albertus-Magnus-Gymnasium Friesoythe
23. Mai 1996	Erwerb der allgemeinen Hochschulreife
August 1996 – September 1997	Zivildienst in der Behindertenwerkstatt Altenoythe
Oktober 1997 – März 1998	Studium der Zahnheilkunde an der Universität zu Köln
April 1998 – Juli 2002	Studium der Zahnheilkunde an der Justus-Liebig-Universität Gießen
Juli 2002 – Dezember 2002	Zahnärztliches Staatsexamen vor dem Prüfungsausschuss der Justus-Liebig-Universität Gießen
18. Dezember 2002	Erteilung der Approbation als Zahnarzt
15. März 2003	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Justus-Liebig-Universität Gießen, Abteilung Prothetik