

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Alterszahnmedizin und Funktionslehre des Charité Centrums 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Qualitätssichernder/qualitätsverbessernder Effekt eines  
Gesichtsbogens auf die statische Okklusion bei  
der vertikalen Kieferrelationsänderung.  
Eine randomisierte klinische Untersuchung**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von

Zahnarzt Iven Helm

aus Perleberg

Datum der Promotion: 26.02.2016

## Inhaltsverzeichnis

|  |          |
|--|----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis.....</b>   | <b>I</b> |
| <b>1 Einleitung.....</b>   | <b>1</b> |
| <b>2 Literaturübersicht .....</b>  | <b>5</b> |
| 2.1 Definition des Gesichtsbogens .....  | 5        |
| 2.2. Geschichtlicher Hintergrund .....   | 6        |
| 2.3 Einteilung der Gesichtsbögen .....   | 8        |
| 2.3.1 Der kinematische Gesichtsbogen.....  | 9        |
| 2.3.2 Arbiträrer Gesichtsbogen .....   | 10       |
| 2.3.2.1 Gesichtsbogen vom Facia-Typ.....   | 10       |
| 2.3.2.2 Ohr-Gesichtsbogen .....  | 12       |
| 2.4 Aufbau des Gesichtsbogens .....  | 13       |
| 2.5. Die Scharnierachse bei der Gesichtsbogenübertragung .....   | 14       |
| 2.5.1 Definition der Scharnierachse .....  | 14       |
| 2.5.2 Arbiträre Scharnierachsenpunkte.....   | 16       |
| 2.6 Die Bedeutung der Bezugsebene bei der Modellmontage .....  | 20       |
| 2.6.1 Definition der Bezugsebene .....   | 20       |
| 2.6.2 Einteilung der Referenzebenen.....   | 21       |
| 2.6.3 Die Beurteilung der Referenzebenen .....   | 22       |
| 2.6.3.1 Die Frankfurter Horizontalen .....   | 23       |
| 2.6.3.2 Die Camper Ebene als Referenzebene.....  | 24       |
| 2.6.3.3 Mittelwertige Modellmontage.....   | 25       |
| 2.7 Scharnierachse und Okklusion.....  | 27       |
| 2.7.1 Einfluss der vertikalen Sperrung auf den okklusalen Fehler bei der<br>Verwendung arbiträrer Scharnierachsenpunkte .....      | 29       |
| 2.7.2 Einfluss der Richtung der Lageabweichung des arbiträren<br>Scharnierachsenpunktes auf die Okklusion und Artikulation.....    | 31       |
| 2.7.3 Einfluss des sagittalen Abstandes der arbiträren Scharnierachse zu den<br>Zahnreihen bezogen auf den okklusalen Fehler ..... | 32       |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>3</b> | <b>Ziel der Untersuchung</b> .....  | <b>36</b> |
| <b>4</b> | <b>Material und Methode</b> .....   | <b>37</b> |
| 4.1      | Patientenauswahl .....  | 37        |
| 4.1.1    | Voruntersuchung der Probanden .....   | 38        |
| 4.1.2    | Aufzeichnung der Okklusion .....  | 38        |
| 4.2.     | Klinischer Ablauf.....  | 39        |
| 4.2.1    | Gesichtsbogen-Übertragung .....   | 39        |
| 4.2.2    | Stützstift-Registrierung.....   | 42        |
| 4.3.     | Laborablauf .....   | 46        |
| 4.3.1    | Arbiträre Modellmontage nach Gesichtsbogenübertragung .....                         | 46        |
| 4.3.2    | Arbiträre Modellmontage nach Mittelwerten .....                                     | 48        |
| 4.3.3    | Plausibilitätskontrolle.....  | 50        |
| 4.3.4    | Messung der Bisssperrung .....  | 51        |
| 4.3.5    | Duplikation der montierten Prothesen .....  | 53        |
| 4.3.6    | Einschleifen der Prothesen nach dem Absenken.....                                   | 54        |
| 4.4      | Nachsorge .....   | 55        |
| 4.5.     | Auswertung der Registrate .....   | 58        |
| 4.5.1    | Digitalisierung der Registrate .....  | 58        |
| 4.5.2    | Dokumentation und Auswertung der digitalisierten Registrate.....                    | 60        |
| 4.6      | Statistische Auswertung .....   | 63        |
| 4.6.1    | Auswertung der Okklusionsprotokolle .....   | 63        |
| 4.6.1.1  | Auswertung der klinischen Okklusion.....  | 63        |
| 4.6.1.2. | Auswertung der Modellkontaktpunkte mit Hilfe der digitalisierten<br>Registrate..... | 64        |
| 4.6.1.3  | Einfluss der Sperrung auf die Modellokklusion.....                                  | 64        |
| 4.6.2    | Auswertung der Nachsorge.....   | 65        |
| <b>5</b> | <b>Ergebnisse</b> .....   | <b>66</b> |
| 5.1      | Zusammensetzung der Probandengruppen .....  | 66        |
| 5.2      | Ergebnisse der statistischen Auswertung.....  | 69        |
| 5.2.1    | Ergebnisse der klinischen Kontaktsituation .....                                    | 69        |
| 5.2.2    | Ergebnisse der Modellauswertung .....   | 74        |
| 5.2.3    | Einfluss der vertikalen Sperrung auf die Modellkontakte .....                       | 77        |
| 5.2.4    | Ausmaß der klinischen Nachsorge .....   | 80        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| <b>6</b>  | <b>Diskussion</b> .....  | <b>82</b>  |
| 6.1       | Patienten und Methode .....  | 82         |
| 6.1.1     | Patientenauswahl.....  | 82         |
| 6.1.2     | Vertikale Sperrung mit Hilfe der sekundären Remontage .....        | 83         |
| 6.1.3     | Auswahl des Gesichtsbogens .....                                   | 85         |
| 6.1.3.1   | Literaturdiskussion zur Anwendung des Gesichtsbogens .....         | 87         |
| 6.1.4     | Mittelwertige Modellmontage als Kontrollgruppe.....                | 89         |
| 6.2       | Ergebnisse .....   | 90         |
| 6.2.1     | Bewertung der klinischen Okklusionskontakte .....                  | 90         |
| 6.2.1.1   | Fehlerursache der klinischen Kontaktpunktsituation .....           | 93         |
| 6.2.2     | Bewertung der Modellergebnisse.....                                | 95         |
| 6.2.2.1   | Fehlerursache der Modellauswertung .....                           | 97         |
| 6.2.2.2   | Materialbedingte Fehlerursachen.....                               | 99         |
| 6.2.3     | Einfluss der Sperrung auf die Modellkontakte.....                  | 100        |
| 6.2.4     | Ausmaß der Nachsorge .....   | 101        |
| 6.3       | Klinischer Nutzen des Gesichtsbogens .....                         | 103        |
| 6.3.1     | Der Gesichtsbogen in der festsitzenden Prothetik-Ein Ausblick..... | 105        |
| <b>7</b>  | <b>Schlussfolgerung</b> .....                                      | <b>107</b> |
| <b>8</b>  | <b>Zusammenfassung</b> .....                                       | <b>109</b> |
| <b>9</b>  | <b>Summary</b> .....   | <b>111</b> |
| <b>10</b> | <b>Literaturverzeichnis</b> .....                                  | <b>113</b> |
| <b>11</b> | <b>Anhang</b> .....  | <b>124</b> |
| 11.1      | Tabellen .....   | 124        |
| <b>12</b> | <b>Eidesstattliche Versicherung</b> .....                          | <b>131</b> |
| <b>13</b> | <b>Lebenslauf</b> .....  | <b>132</b> |
| <b>14</b> | <b>Danksagung</b> .....  | <b>133</b> |

## 1 Einleitung

Um die Okklusion des Patienten simulieren zu können, werden Gipsmodelle in einen Artikulator montiert. Dies kann aus diagnostischen Gründen nötig sein, beispielsweise dem Auffinden okklusaler Interferenzen. Des Weiteren dient die Simulation der Okklusion der Herstellung indirekter Restaurationen, sowohl von feststehendem Zahnersatz, wie Kronen und Brücken, als auch bei der Anfertigung herausnehmbarer Teil- und Totalprothesen und wird zudem bei der Planungen kieferorthopädisch-chirurgischer Eingriffe angewandt (Bose et al. 1993).

Die Modelle können dabei nach Mittelwerten in den Artikulator montiert werden. Dabei wird der Unterkiefer nach dem Bonwillschen Dreieck ausgerichtet, sodass definitionsgemäß ein Abstand von circa 10 cm zwischen dem unteren Inzisalpunkt und den jeweiligen Kondylenmittelpunkten erzeugt wird (Christiansen 1959; Rossbach 1968). Zudem definiert der Balkwill-Winkel die Neigung zwischen Okklusionsebene und Bonwillschen Dreieck am Inzisivenpunkt (Morneburg et al. 2010). Der Balkwill-Winkel variiert dabei laut Fereday (1994) zwischen 22-30°.

Entgegen der mittelwertigen Artikulation kann zudem die räumliche Beziehung der Ober- beziehungsweise Unterkieferzahnreihen zu den Scharnierachsenpunkten mit Hilfe eines Gesichtsbogens individualisiert werden. Dabei wird der Abstand der Oberkieferzahnreihen zur Scharnierachse, einer dem Unterkiefer zugeordneten, funktionellen Drehachse bei Öffnungs- und Schließbewegungen (Ahlers et al. 2005), innerhalb des Bonwillschen Dreiecks übertragen. Hierbei wird das dreidimensionale Lageverhältnis der Okklusionsebene des Oberkiefers zu einer vom jeweiligen Gesichtsbogentyp abhängigen Referenzebene wiedergegeben (Ellis et al. 1992). Die Okklusionsebene, die auch als Kauebene bezeichnet werden kann, wird dabei nach der Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFDT) und der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGzPW) (Ahlers et al. 2005) als Ebene beschrieben, die durch den Kontaktpunkt der unteren mittleren Inzisivi und durch die disto-bukkalen Höcker der zweiten unteren Molaren definiert ist.

Mit Hilfe des Gesichtsbogens kann sowohl die arbiträre als auch die individuelle

## Einleitung

Modellmontage angewandt werden. Der Begriff „arbiträr“ bezieht sich dabei auf eine Methode, bei der die, dem Unterkiefer zugeordnete Scharnierachse, nach mittelwertig bestimmten Referenzpunkten festgelegt wird (Ahlers et al. 2005). Bei der individuellen oder kinematischen Modellmontage soll hingegen die „wahre“ Scharnierachse in der reinen Rotationsphase physiologisch lokalisiert werden (Christiansen 1959; Ellis et al. 1992). Die Genauigkeit der arbiträren Gesichtsbogenübertragung wird in der Regel als ausreichend angesehen (Ahlers 1996). Im zahnärztlichen Praxisalltag findet meist der sogenannte arbiträre Gesichtsbogen Anwendung (Shodadai et al. 2001; Galanis et al. 2013).

Bei der Modellmontage in den Artikulator kann es zur Entstehung okklusaler Fehler kommen. Morneburg und Pröschel (2011) definieren den „horizontalen okklusalen Fehler“ als Abweichung der Zahnkontakte innerhalb der Okklusionsebene, die dann auftreten, sobald die Modelle um eine andere Achse als der wahren Scharnierachse im Patientenmund rotieren und gleichzeitig die vertikale Relation verändert wurde, beispielsweise im Zusammenhang mit der Bissperrung während der Stützstift-Registrierung. (Morneburg und Pröschel 2011, 2011; Brotman 1960c; Schulte et al. 1984).

Zudem wird die Meinung vertreten, dass der arbiträre Gesichtsbogen bei vorheriger Änderung der vertikalen Relation der mittelwertigen Modellmontage vorzuziehen sei, da hierdurch ein, der Patientensituation entsprechend, genauerer Bewegungsradius der Modelle im Artikulator erzeugt und der okklusale Fehler somit minimiert würde (Kotwal 1979).

Als Vorteile für die Gesichtsbogen-Übertragung nennt Lazzari (1955) folgende Punkte:

1. Er erlaubt einen akkuraten Nutzen lateraler Rotationspunkte für die Aufstellung von Zähnen
2. Der Gesichtsbogen sichert die Modellposition in antero-posteriorer Richtung in Relation zu den Kondylen des Unterkiefers.
3. Er registriert die horizontale Lagebeziehung der Modelle annähernd genau und hilft so bei der korrekten Platzierung der Okklusionsebene.

## Einleitung

4. Der Gesichtsbogen ist bei der vertikalen Positionierung der Modelle im Artikulator hilfreich.

Des Weiteren gehen Shodadai et al. (2001) davon aus, dass weniger Zeit für Einschleifmaßnahmen aufgrund vermehrter Okklusionkontakte nach der Gesichtsbogenübertragung zum Zeitpunkt der Eingliederung benötigt würde.

Morneburg et al. (2011) weisen mit Hilfe mathematisch-geometrischer Berechnungen darauf hin, dass die Verwendung einer Scharnierachse, die nicht der wahren Scharnierachsenposition entspricht, okklusale Fehler erzeugt, die mit der Zunahme der vertikalen Änderung steigen. Solange dabei jedoch das Ausmaß der vertikalen Sperrung 3 mm nicht überschritten wird, ist laut Schwarz (1983) der Verzicht eines Gesichtsbogens bei der Modellmontage tolerierbar.

In der Literatur ist der Gebrauch des Gesichtsbogens umstritten. So ist man im skandinavischen Raum eher der Überzeugung der Gesichtsbogen bringe bei der Modellmontage, insbesondere bei umfangreichen prothetisch-restaurativen und funktionsanalytischen Maßnahmen, keinen wirklichen Nutzen (Hugger et al. 2001). Carlsson und Magnus (2000) sehen beispielsweise keine überzeugenden Hinweise dafür, dass die Verwendung eines Gesichtsbogens bessere Ergebnisse im Vergleich zur Modellmontage nach Mittelwerten liefere. Ferner gehen sie davon aus, dass die mittelwertige Modellmontage ohne Gesichtsbogen für alle prothetischen Arbeiten ausreichend sei.

Auch weisen Hugger et al. (2001) darauf hin, „(...) dass von den Gesamtausgaben der privaten Krankenversicherer für funktionsanalytische und funktionstherapeutische Leistungen in Höhe von rund 153 Mio. DM im Jahre 1997 rund 47 Mio. DM auf die arbiträre und rund 5 Mio. DM auf die kinematische Modellmontage entfielen.

Im Gegensatz zu der eher ablehnenden Haltung gegenüber der Anwendung des Gesichtsbogens im skandinavischen Raum (Carlsson und Magnusson 2000), wird in vielen deutsch- und englischsprachigen Lehrbüchern und Standardwerken zur zahnärztlichen Prothetik auf die Notwendigkeit des Gesichtsbogens hinsichtlich der qualitätsverbessernden Wirkung bei der Modellmontage in den Artikulator hingewiesen (Hugger et al. 2001). Beispielsweise wird in Irland und Großbritannien an 10 von 12 Zahnkliniken im Rahmen der Ausbildung die Verwendung des

## Einleitung

Gesichtsbogens bei der Herstellung von festem sowie partiellem Zahnersatz gelehrt (Lynch et al. 2010).

Im Rahmen einer randomisierten klinischen Untersuchung sollte der qualitätsverbessernde Effekt eines arbiträren Gesichtsbogenregistrates im Vergleich zur mittelwertigen Modellmontage bei Änderung der vertikalen Relation im Artikulator evaluiert werden. Verglichen wurde der Einfluss als patientenbezogener Parameter auf die mundbezogene Lebensqualität (Teil 1) und auf den okklusalen Fehler bei statischer Okklusion (Teil 2). Gegenstand der vorliegenden Dissertationsschrift ist die Auswertung der statistischen Okklusionskontakte (Teil 2).



## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Definition des Gesichtsbogens

Der Gesichtsbogen ist ein Gerät, das der räumlichen dreidimensionalen Zuordnung, nämlich in antero-posteriorer, lateraler sowie vertikaler Richtung (Craddock und Symmons 1952) des Oberkiefermodelles zu den jeweiligen Bezugsebenen im Artikulator dient.

Christiansen (1959) definiert den Gesichtsbogen als ein Instrument, das die Position des Oberkiefers in Relation zu zwei Punkten der Schädelbasis, nämlich den Fossae glenoidales (Syn. Fossae mandibulares), in den Artikulator überträgt. Ellis et al. (1992) schlagen vor, dass für eine regelrechte Oberkiefermodellmontage mindestens zwei räumliche Lagebeziehungen erreicht werden müssen. Zum einen sollte der Abstand der Oberkieferzahnreihen zur Interkondylarlinie beziehungsweise Scharnierachse übertragen und zum anderen die dreidimensionalen Lageverhältnisse der Okklusionsebene des Oberkiefers zur Schädelbasis wiedergegeben werden. Beide Lagebeziehungen sind unabhängig voneinander. Die Übertragung in den Artikulator kann aber in beiden Fällen durch den Gesichtsbogen realisiert werden. Für die Übertragungen der Lagebeziehung des Oberkiefers zur Scharnierachse beziehungsweise Schädelbasis in den Artikulator werden somit in der Regel zwei posteriore sowie ein anteriorer Referenzpunkt verwendet.

Der Artikulator kann dabei als mechanisches Hilfsmittel definiert werden, der das Oberkiefer- sowie das Unterkiefermodell in Relation zueinander und zwar in der zentrischen Okklusion anordnet (Castle und Anthony 1998). Die zentrische Okklusion wird auch als statische Okklusion, die sich aus den Zahnkontakten ohne Bewegung des Unterkiefers mit maximalen Vielpunktkontakt ergibt, in zentrischer Kondylenposition definiert (Ahlers et al. 2005). Die zentrische Kondylenposition beschreibt dabei eine idealisierte Position beider Kondylen der Kiefergelenke in den Fossae, wodurch die horizontale Lage des Unterkiefers festgelegt ist (Utz et al. 2010).

## Literaturübersicht

Es wird angenommen, dass bei der Gesichtsbogenanwendung die Scharnierachsenpunkte gemessen und auf den Artikulator übertragen werden (Castle und Anthony 1998).

Die Scharnierachsenpunkte dienen somit vorwiegend als posteriore Referenzpunkte bei der arbiträren Gesichtsbogenübertragung.

Der anteriore Referenzpunkt sollte so gewählt werden, dass er zusammen mit der Scharnierachse eine horizontale Referenzebene bildet (Weinberg 1961). Die so gebildete Referenzebene oder auch Bezugsebene wird dann bei der Modell-Übertragung auf die entsprechende Bezugsebene des jeweiligen Artikulator-Systems abgestimmt und das Oberkiefermodell dementsprechend schädel- und gelenksspezifisch übertragen. Die Verwendung systemfremder Gesichtsbögen führt dabei zu Fehlern in der Modellorientierung im Artikulator (Schunke 2012).

Da sich verschiedene Artikulator-Systeme unterschiedlicher Bezugsebenen bedienen, ergeben sich somit auch unterschiedliche mittelwertige Kondylenbahnneigungen (Tab. 2.1). Bei korrekter Verwendung des Gesichtsbogens und des dazugehörigen Artikulators entspricht die räumliche Zuordnung der Modelle zueinander im Artikulator der Anordnung der entsprechenden Ober- und Unterkiefer des Patienten bei unterschiedlichen Kauvorgängen (Stansbery 1928).

Tab. 2.1: Die Verwendung unterschiedlicher Bezugsebenen ergeben unterschiedliche mittelwertige Kondylenbahnneigungen.

| Bezugsebene                        | Mittelwertige Kondylenbahnneigungen |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| Camper Ebene                       | 20-30°                              |
| Frankfurter Horizontale            | 40-50°                              |
| Patienten-Horizontale nach Guichet | 30-40°                              |

## 2.2. Geschichtlicher Hintergrund

Schon im Jahr 1860 wurde auf die Bedeutung der gelenkbezüglichen Modellmontage in den Artikulator durch William G.A. Bonwill hingewiesen (Brandrup-Wognsen 1953).

## Literaturübersicht

Dieser ging davon aus, dass der Abstand des Zentrums der jeweiligen Kondylen zum medialen Inzisialpunkt der unteren Frontzähne circa 10 cm beträgt, wodurch sich das sogenannte Bonwill-Dreieck ergibt, machte aber über die vertikale Lagebeziehung der Okklusionsebene zur Kondylenposition keine Angabe.

Francis H. Balkwill (Brandrup-Wognsen 1953) ermittelte 1866 erstmals den Winkel zwischen der Okklusionsebene und dem Bonwillschen Dreieck und erhielt Werte zwischen 22-30°, den sogenannten Balkwill-Winkel. Seine Beschreibung der maxillo-mandibulären Bewegung und Lagebeziehung war auch aus heutiger Sicht äußerst genau und detailliert (Starcke 2001). So konnte während der Modellmontage zusätzlich der ungefähre Abstand der Kondylen zum „vorderen Anteil des Zahnfleisches“ (Brandrup-Wognsen 1953) berücksichtigt werden. Die Modellmontage nach Balkwill wird demnach als genauer betrachtet, als die nach Bonwill (Brandrup-Wognsen 1953). Jedoch liegen keine Darstellungen oder Beschreibungen seiner Übertragungshilfe in der Literatur vor (Fereday 1994), sodass keine Aussage darüber gemacht werden kann, ob es sich hierbei um einen Gesichtsbogen oder eine Art Messgerät handelte.

1889 stellte Charles E. Luce eine Studie vor, in der er die Bewegungen des Unterkiefers mit Hilfe eines am Unterkiefer befestigten Rahmens photographisch aufgezeichnet wurden (Starcke 2001). Er ist somit vermutlich der erste, der einen Unterkiefer-Gesichtsbogen zur Reproduktion der Unterkieferbewegungen und Aufzeichnung der individuellen Kondylenbahnneigung nutzte (Starcke 2001).

Im Jahre 1896 stellte William E. Walker seinen „Facial clinometer“ vor, mit dessen Hilfe man erstmals die individuellen Lagebeziehungen und Bewegungsabläufe des Unterkiefers bestimmen (Starcke 2001) und somit eine bessere Orientierung des Unterkiefermodelles in Relation zu den Kondylen erzielen konnte (Brandrup-Wognsen 1953). Aufgrund seines extrem komplizierten Aufbaus fand Walker's „Facial clinometer“ jedoch keinen weiteren Zuspruch (Brandrup-Wognsen 1953).

Alfred Gysi und George Snow stellten die ersten klassischen Gesichtsbögen vor (Schallhorn 1957). 1901 entwarf Alfred Gysi einen einfachen Apparat zur Messung der Kondylenbahn (Starcke 2002). Zwar war Gysi nicht der erste, der die individuelle Kondylenbahn ermittelte, jedoch derjenige, der erstmals die Unterkiefer-Bewegungen zusätzlich zur vertikalen auch in der horizontalen Ebene aufzeichnete.

Dabei bezeichnete er das kombiniert anteriore und laterale Bewegungsmuster als "Gothischen Bogen" sowie die laterale Kondylenbewegung als "Balkwill-Bennett"-Bewegung (Starcke 2002). Gysi nutzte dabei seine Konstruktion gleichzeitig für die Registrierung der Kondylenbahnneigung und als Gesichtsbogen (Brandrup-Wognsen 1953) und übertrug die ermittelten Bewegungsmuster in sein Artikulator-Design (Starcke 2002). Gysi's "Adaptable" war somit der erste Artikulator, der in der Lage war die "Balkwill-Bennett"-Bewegung durchzuführen (Starcke 2002).

Zur etwa gleichen Zeit stellte George Snow ein Instrument vor, welches trotz seines einfachen Aufbaus epochal für die Prothetik war (Brandrup-Wognsen 1953). Mit diesem Instrument konnten die Modelle annähernd korrekt in den Artikulator übertragen und die Okklusionsebene in der richtigen Position zu den Kondylen platziert werden. Er bemerkte, dass die genaue Positionierung der Scharnierachse eine wichtige Rolle bei den Artikulationsvorgängen der Kiefer spielte und dass diesbezügliche Abweichungen zu okklusalen Fehlern führten. (Starcke 2002). Die erste kinematische Lokalisation der Scharnierachse wurde unter der Führung von Beverly B. McCollum durchgeführt, der hierfür einen modifizierten Gesichtsbogen nach Snow verwendete, deren Aufzeichnung jedoch anfänglich bis zu 8 Stunden beanspruchte (Preston 1979). Um auch die Okklusionsebene individuell positionieren zu können, behalf sich Snow der Camper Ebene, nach der die Bissgabel, die an den Oberkieferzähnen fixiert wird, ausgerichtet wurde. Snow's Konstruktion kann somit als Prototyp für alle späteren Gesichtsbogenkonstruktionen bezeichnet werden (Brandrup-Wognsen 1953).

### **2.3 Einteilung der Gesichtsbögen**

Gold und Setchell (1983) kategorisieren die Gesichtsbögen nach der Auswahl der posterioren Referenzpunkte :

1. kinematisch bestimmte Scharnierachsenpunkte auf der Haut
2. arbiträre Punkte ausgewählt nach anatomischen Oberflächenkennzeichen, die auf durchschnittlichen Messwerten beruhen

3. arbiträre Punkte die durch das Einführen mechanischer Hilfsmittel in die äußeren Gehörgänge bestimmt werden

### **2.3.1 Der kinematische Gesichtsbogen**

Bei der kinematischen Gesichtsbogenübertragung wird die Lage der „wahren“ Scharnierachse (reine Rotationsachse der Kondylen) bestimmt und in den Artikulator übertragen (Ellis et al. 1992). Diese Position wird auch als zentrische Scharnierachsenposition bezeichnet und definiert eine in zentrischer Kondylenposition bestimmte geometrische Scharnierachse bei rein rotatorischen Öffnungs- und Schließbewegungen (Ahlers et al. 2005).

Wird der kinematische Gesichtsbogen verwendet, so entspricht die Schließbewegung des Unterkiefermodelles im Artikulator derjenigen Rotationsbewegung des Unterkiefers. Zugleich wird das Oberkiefermodell in gleicher räumlicher Beziehung zur Öffnungs- und Schließachse des Artikulators in diesen montiert, wie der Oberkiefer des Patienten zur Scharnierachsenmitte des Unterkiefers angeordnet ist (Brotman 1960a). Die kinematische Methode wird allgemein als die genaueste betrachtet (Gold und Setchell 1983). Die vergleichsweise aufwändige kinematische Bestimmung der Scharnierachse wird jedoch als unterstützende Maßnahme für die funktionsdiagnostische Befunderhebung und weniger bei praxisalltäglichen Behandlungsabläufen vorgeschlagen (Zimmer et al. 1989). Als aktuelles Beispiel kann hierbei die elektronische Aufzeichnung mit Hilfe des ARCUSdigma® (KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß, Deutschland) genannt werden. Darbei handelt es sich um ein ultraschallbasiertes System, mit dessen Hilfe unter anderem die Bewegung des Unterkiefers auf dem Computer dargestellt und graphisch analysiert sowie die kinematische Scharnierachse bestimmt werden kann (Bakalczuk et al. 2004; Kobs et al. 2007).

### **2.3.2 Arbiträrer Gesichtsbogen**

Demgegenüber steht der arbiträre Gesichtsbogen, der die Oberkieferzahnreihen in Relation zur ungefähren Position der Scharnierachsenpunkte überträgt. Die arbiträre Gesichtsbogenübertragung ist eine weitläufig akzeptierte Möglichkeit der Bestimmung einer arbiträren Scharnierachse und wesentlich schneller und einfacher durchzuführen als die Lokalisation der kinematischen Scharnierachse (Simpson et al. 1984). Die Genauigkeit wird in der Regel als ausreichend angesehen (Ahlers 1996). Beim arbiträren Gesichtsbogen unterscheidet man zwischen dem Gesichtsbogen vom „Facia“-Typ sowie dem Ohr-Gesichtsbogen (Nazir et al. 2012, 2012; Gowri et al. 2008).

#### **2.3.2.1 Gesichtsbogen vom Facia-Typ**

Der Gesichtsbogen vom „Facia“-Typ erfordert zunächst vom Behandler eine vorherige Palpation der Unterkieferkondylen während der Öffnungs- und Schließbewegung des Patienten (Schlosser 1942). Eine andere Methode beschreibt die Markierung der Verbindungslinie vom Porus acusticus externus zum äußeren Augenwinkel des Patienten mit Hilfe eines Lineals. Unter Verwendung eines Schreibstiftes, zum Beispiel des „Richey Kondylen Markers“ (Veeraiyan et al. 2003), kann nun eine Linie, die die erste lotrecht in einem bestimmten Abstand anterior des Porus acusticus externus kreuzt, auf der Haut gezeichnet werden. Diese Schnittstelle markiert somit die arbiträren Scharnierachsenpunkte. Der auf diese Weise am häufigsten verwendete posteriore Referenzpunkt ist der Byron-Punkt, der sich circa 13 mm anterior des hinteren Tragus-Randes auf der beschriebenen Verbindungslinie befindet (O'Malley und Milosevic 2000). In der Literatur befindet sich eine große Anzahl von Variation arbiträrer Scharnierachsenpunkte, die auf diese Weise lokalisiert wurden. So definiert Gysi (1910) einen Punkt 10 mm anterior des posterioren Randes des Tragus auf der Verbindungslinie zwischen lateralen Augenwinkel und Tragus-Mitte als Gysi-Punkt, wohingegen Bergström (1950) seinen Scharnierachsenpunkt 11 mm anterior des posterioren Randes des Tragus auf einer

## Literaturübersicht

Linie, die parallel zur und 7 mm unterhalb der Frankfurter Horizontalen liegt, bestimmt.

Die Frankfurter Horizontale ergibt sich im Profil aus dem unteren knöchernen Rand der Orbita und dem oberen knöchernen Rand des Porus acusticus externus (The glossary of prosthodontic terms 1999)

Auch unterscheidet sich meist die Wahl des posterioren Referenzpunktes bei der Nutzung der Tragus-Augenwinkel-Verbindungsline (Walker 1980). Walker (1980) teilt die arbiträren Scharnierachsenpunkte nach der Lage ihrer Bezugsebene im Bereich des Tragus ein (Tab.2.2), wohingegen Abdal-Hadi (1989) diese nach der genauen Lage in Bezug auf ihre Referenzebene zusammenfasst (Tab.2.3).

Bei funktionsgesunden Patienten genügt laut Pröschel et al. (1995) zur Registrierung ein Gesichtsbogen, der auf arbiträre Kondylenpunkte eingestellt wird, die 11 bis 13 mm vom Tragus-Rand entfernt lokalisiert werden können.

Tab. 2.2: Position des posterioren Referenzpunktes der Tragus-Augenwinkel-Linie zur Bestimmung des arbiträren Scharnierachsenpunktes, zusammengefasst von Walker (1980).

| <b>Autor</b>                                 | <b>Lage des posterioren Referenzpunktes</b> |
|--|---|
| Schallhorn<br>Swenson<br>Craddock<br>Symmons | Oberer Tragus-Rand                          |
| Lauritzen<br>Bodner<br>Weinberg              | Mittlerer Tragusbereich                     |
| Teteruck und Lundeen                         | Unterer Tragus-Rand                         |

Tab. 2.3: Position arbiträrer Scharnierachsenpunkte zusammengefasst von Abdal-Hadi (1989).

| <b>Autor</b>           | <b>Posteriorer Referenzpunkt</b>    | <b>Anteriorer Referenzpunkt</b> | <b>Abstand vom posterioren Referenzpunkt (mm)</b> |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| Schlosser              | Obere Ohr-Begrenzung                | Lateraler Augenwinkel           | 13  |
| Monson                 | Mitte des Tragus                    | Lateraler Augenwinkel           | 12,5  |
| Ramfjord & Ash, Beyron | Hintere Grenze des mittleren Tragus | Lateraler Augenwinkel           | 13  |
| Lazzari                | Oberer Tragusrand                   | Lateraler Augenwinkel           | 11  |

|                  |   |                       |                                 |
|------------------|---|-----------------------|---------------------------------|
| Bergstrom        | Mitte des Tragus                            | Lateraler Augenwinkel | 10,9 anterior und 1,1 unterhalb |
| Beck             | Zentrum des Ohres und 7 mm unterhalb der FH | Orbita                | 10                              |
| Lauritzen-Bodner | Porion                                      | Lateraler Augenwinkel | 12 anterior und 2 unterhalb     |
| Bosman           | Oberer Rand des Ohres                       | Lateraler Augenwinkel | 12                              |

Ist der arbiträre Scharnierachsenpunkt lokalisiert, kann der dazugehörige Gesichtsbogenanteil mit den Lokalisationshilfen, die den Nadeln der kinematischen Gesichtsbögen ähneln, platziert und die Situation in den Artikulator übertragen werden.

Jedoch bestimmen diese Lokalisationshilfen beim „Facia“ Typ die terminale Scharnierachse nicht, sondern dienen lediglich der Übertragung der Scharnierachse in den Artikulator, indem sie sinngemäß im Bereich der Scharnierachse des Artikulators angebracht werden (Ellis et al. 1992).

### 2.3.2.2 Ohr-Gesichtsbogen

Eine zweite Form des arbiträren Gesichtsbogens, die heutzutage eher in den zahnärztlichen Praxen Verwendung findet (Ahlers 1996), ist der Ohr-Gesichtsbogen. Dieser realisiert die räumliche Beziehung der Oberkieferzahnreihen zum Porus acusticus externus mit Hilfe der am Gesichtsbogen angebrachten Ohroliven sowie zu einer Bezugsebene, beispielsweise der Frankfurter Horizontale.

Hierbei wird jedoch nicht der Gesichtsbogen als Ganzes bei der Modellmontage übertragen, sondern eine zum System gehörige Übertragungshilfe wird zur Oberkiefermontage an den Artikulator angelegt (Leukhardt 2010).

In einer Studie von Goska und Christensen (1988) wurden vier verschiedene Gesichtsbögen an 10 Probanden miteinander verglichen. Dabei wurde ein besonderes Augenmerk auf das Ausmaß der Abweichung der übertragenen Scharnierachse von einer zuvor bestimmten kinematischen Scharnierachse gelegt. Es konnte gezeigt werden, dass weder der Gesichtsbogen vom „Facia“-Typ noch der Ohr-Gesichtsbogen hinsichtlich der Lokalisation und Übertragung der wahren



Scharnierachse klinisch überlegen waren. Als Grund hierfür sehen Goska und Christensen (1988) den Gebrauch von anatomischen Referenzpunkten bei der Gesichtsbogenübertragung, die von Patient zu Patient variieren .

## 2.4 Aufbau des Gesichtsbogens

Der in der heutigen Zahnmedizin aufgrund seiner schnellen und simplen Handhabung (Simpson et al. 1984; Teteruck und Lundeen 1966) am häufigsten verwendete Gesichtsbogen ist der arbiträre Gesichtsbogen (Shodadai et al. 2001; Galanis et al. 2013). Dabei findet der Ohr-Gesichtsbogen in den Zahnarztpraxen mehr Zuspruch als der Gesichtsbogen von „Facia“-Typ (Ahlers 1996; Ellis et al. 1992) und soll an dieser Stelle näher beschrieben werden. Abb. 2.1 zeigt den Aufbau eines Ohr-Gesichtsbogens, hier in Form des in der Studie verwendeten PROTAR® 7 (PROTAR® 7 digma, KaVo, Biberach/Riß, Deutschland).

Abb.2.1: Arbiträrer Ohr-Gesichtsbogen (PROTAR® 7 digma, KaVo, Biberach/Riß, Deutschland).



Das U-förmige Grundgerüst lässt sich durch Lösen des Sperrhebels auf der Vorderseite der Querverbindung durch Parallelverschiebung öffnen. Am offenen Ende des Grundgerüsts befindet sich die nach medial zeigenden Ohroliven, die in die Ohren des Patienten eingeführt werden und somit die arbiträren

Scharnierachsenpunkte als posteriore Referenzpunkte markieren. Die Gesichtsbögen des „Facia“-Typs haben diese Ohroliven nicht, stattdessen jedoch Markierungshilfen (Veeraiyan et al. 2003), die die arbiträre Lage der Scharnierachsenpunkte direkt in den Artikulator überträgt. Im anterioren Bereich des Grundgerüsts ist der sogenannte Nasensteg angebracht, an dessen Ende sich die Glabella-Stütze, auch als Nasion-Adapter bezeichnet, befindet. Dieser wird im Bereich der Nasenwurzel platziert, sodass die Ausrichtung nach dem anterioren Referenzpunkt erfolgen kann. Die Lage des anterioren Referenzpunktes wird durch einen Referenzzeiger, der sich ebenfalls im Bereich der vorderen Querverbindung befindet, markiert. So kann eine Ausrichtung des Gesichtsbogen nach einer Bezugsebene, die so gewählt wird, dass die montierten Modelle im waagrecht stehenden Artikulator in etwa der Position des stehenden Patienten mit aufrecht gehaltenem Kopf entsprechen, erzielt werden (Bose et al. 1993). Zur Übertragung des Oberkiefermodells in den Artikulator mit Hilfe eines Ohr-Gesichtsbogens wird zusätzlich eine Bissgabel, die an die oberen Zahnreihen gekoppelt wird sowie ein Bissgabelträger beziehungsweise Support, der die Bissgabel mit dem Gesichtsbogengerüst im Bereich der vorderen Querverbindung fixiert, benötigt. Somit sind die von Ellis et al. (1992) geforderten räumlichen Lagebeziehungen, nämlich der Abstand der Oberkieferzahnreihen zur Interkondylarachse sowie die Neigung der Okklusionsebene des Oberkiefers zur Schädelbasis (Referenzebene, beim gezeigten Modell die Frankfurter Horizontale), als Grundlage einer regelrechten Oberkiefermontage erfüllt. Die Wahl des anterioren Referenzpunktes und als Folge dessen der Bezugsebene sollte mit dem dazugehörigen Artikulatorsystem abgestimmt sein (Schunke 2012).

## **2.5. Die Scharnierachse bei der Gesichtsbogenübertragung**

### **2.5.1 Definition der Scharnierachse**

Die Scharnierachse oder Interkondylarlinie ist eine gedachte Linie (Sörgel 1978).

## Literaturübersicht

Sie ist eine, dem Unterkiefer zugeordnete, funktionelle Drehachse bei Öffnungs- und Schließbewegungen des Unterkiefers (Ahlers et al. 2005) (Abb. 2.2). Das Rotationszentrum der Kondylen liegt laut Nattestad und Vedtofte (1992) posterior und inferior zum Zentrum der Kondylen, sodass eine Autorotation schwer am Artikulator zu simulieren sei, da dieser um seine metallischen Kondylen rotiert und nicht um einen Punkt posterior und inferior zu diesem. Die Scharnierachsenpunkte sind dabei die Punkte, an denen die Scharnierachse imaginär am Schädel durch die Haut tritt (Sörgel 1978) (Abb.2.3).

Abb 2.2: (ungefähre) Lage der Scharnierachse durch die Kondylenzentren.



Abb 2.3: Scharnierachsenpunkt auf der Haut (hier als Beyron Punkt (1942) 13 mm anterior des Tragus).



Die Scharnierachse wird auch als Rotationsachse oder horizontale Achse bezeichnet (Abdal-Hadi 1989) und ist ein stabiler Punkt, der im gesunden, physiologisch funktionierenden Erwachsenen-Gelenk als akkurater Referenzpunkt bei der Montage der Modelle sowie bei der Messung derer Bewegungen genutzt werden kann (Solnit und Curnutte 1988).

### **2.5.2 Arbiträre Scharnierachsenpunkte**

Der erste Schritt bei der Zuordnung des Oberkiefermodelles in den Artikulator ist laut Weinberg (1961) die Bestimmung der transversalen Scharnierachse, entweder kinematisch oder nach anatomischen Durchschnittswerten. Dabei stellt sich die Frage, wie weit die arbiträren Scharnierachsenpunkte von der eigentlichen Scharnierachse entfernt sein dürfen und welche Bedeutung dies für den Patienten hat. Weinberg (1959) gibt mit Hilfe mathematischer Überlegung an, dass bei einer Gesichtsbogenübertragung, insofern die Scharnierachse nicht kinematisch bestimmt wurde, mit einem Fehler von  $\pm 5$  mm bezogen auf die Position der wahren Scharnierachse zu rechnen ist. Eine Abweichung von 5 mm würde laut Årstad (1954) und Weinberg (1961) einen okklusalen Fehler im Bereich des zweiten Molaren von vernachlässigbaren 0,2 mm erzeugen.

Piehslinger et al. (1995) errechneten den okklusalen Fehler für den Fall, dass die arbiträre Scharnierachse nicht mit der wahren Scharnierachse am Patienten übereinstimmt. Es konnte gezeigt werden, dass der okklusale Fehler drastisch anstieg, sobald die arbiträre Scharnierachse außerhalb eines 5 mm-Radius von der wahren Scharnierachse positioniert wurde.

Schallhorn (1957) verglich die Position der Scharnierachsenpunkte von 70 Probanden nach arbiträrer Gesichtsbogenübertragung. Die Position des arbiträren Scharnierachsenpunktes wurde beidseits durch eine Markierung 13 mm anterior des unteren Randes des Tragus, diese auf einer Linie vom äußeren Augenwinkel zum Zentrum des Tragus platziert wurde, definiert. Aufgrund dieser Registriermethode ergab sich, dass 97% beziehungsweise 98% aller arbiträren Scharnierachsenpunkte innerhalb eines Radius von 5 mm von der wahren Scharnierachse gefunden wurden.

## Literaturübersicht

Lauritzen und Bodner (1961) nutzen bei der Bestimmung des arbiträren Scharnierachsenpunktes den „Richy Kondylen Marker“ und fanden heraus, dass lediglich 33% der wahren Scharnierachsenpunkte in einem Radius von 5 mm von den ermittelten arbiträren Scharnierachsenpunkten entfernt lagen.

Thorp et al. (1978) untersuchte in einer In-vivo-Studie an 10 Probanden die Position unterschiedlicher, arbiträrer Scharnierachsenpunkte in Relation zur Lage der wahren Scharnierachse. Dabei befanden sich 55% der arbiträren Scharnierachsenpunkte in einem 6 mm-Radius der wahren Scharnierachse.

In einer weiteren In-vivo-Studie (Nairn 1994) wurde die Position des Beyron-Punktes als arbiträrer Scharnierachsenpunkt mit der tatsächlichen Lage im OPTG an 10 Probanden verglichen. Es zeigte sich, dass der untersuchte Punkt nicht im Kondylus selbst liegt, sondern mehr als einen 1 cm entfernt davon, nämlich im Bereich des Kondylus-Halses, dort wo das Ligamentum temporomandibularis ansetzt. Unter Spannung stehend, wie bei der Lokalisation der Scharnierachse beispielsweise, ergibt sich so ein Bereich eingeschränkter Mobilität und erzeugt den Eindruck des Scharnierachs-Rotationspunktes.

Tab. 2.5 fasst eine Auswahl verschiedener arbiträrer Scharnierachsenpunkte und deren räumliches Vorkommen in Bezug auf die wahre Scharnierachse zusammen.

Tab. 2.5: Vorkommen verschiedener arbiträrer Scharnierachsenpunkte in Bezug auf die wahre Scharnierachsenposition in der Literatur. N\*= Anzahl der untersuchten arbiträren Scharnierachsenpunkte.

| <b>Autor</b>      | <b>Arbiträrer Scharnierachsenpunkt</b>             | <b>Verbindungsline/Referenzebene</b> | <b>N*</b> | <b>Vorkommen in einem 5- (6-) mm Radius der wahren Scharnierachse</b> |
|-------------------|--|--------------------------------------|-----------|---|
| Beyron(1942)      | 13 mm anterior des posteriorsten Randes des Tragus | Tragus-Lateraler Augenwinkel         | k.A.      | 87% (5)   |
| Schallhorn (1957) | 13 mm anterior des posteriorsten Randes des Tragus | Tragus-Lateraler Augenwinkel         | 140       | 97-98% (5)  |

## Literaturübersicht

|                             |  |   |     |           |
|-----------------------------|--|---|-----|-----------|
| Beck (1959)                 | 13 mm anterior der mittleren posterioren Randes des Tragus                       | Tragus-Lateraler Augenwinkel                            | 24  | 50% (5)   |
|                             | 13 mm anterior des oberen Randes des Porus acusticus externus                    | Porion-Lateraler Augenwinkel                            | 24  | 17% (5)   |
|                             | 10 mm anterior der Mitte des Porus acusticus externus                            | Parallel und 7 mm unterhalb der Frankfurter Horizontale | 24  | 75% (5)   |
| Lauritzen und Bodner (1961) | Mit Hilfe des "Richy condyle marker", 13mm anterior des Porus acusticus externus | Tragus-Lateraler Augenwinkel                            | 100 | 33% (5)   |
| Teteruck und Lundeen (1966) | 13 mm anterior des Tragus  | Tragusbasis-Lateraler Augenwinkel                       | 94  | 33% (6)   |
|                             | Ohr-Gesichtsbogen  | Achs-Orbital-Ebene                                      | 94  | 56,4% (6) |
| Seiler und Hupfauf(1973)    | 13 mm anterior des mittleren Randes des Tragus                                   | Tragus-Lateraler Augenwinkel                            | 40  | 70%(5)    |
| Thorp et al.(1978)          | 13 mm anterior des posteriorsten mittleren Randes des Tragus                     | Tragus-Lateraler Augenwinkel                            | 20  | 55% (6)   |
|                             | 12 mm anterior der Mitte des Porus acusticus externus                            | Frankfurter Horizontale                                 | 20  | 55% (6)   |
|                             | 12 mm anterior und 2 mm unterhalb der Mitte des Porus acusticus ext.             | Porion-Lateraler Augenwinkel                            | 20  | 55% (6)   |
| Walker (1980)               | 13 mm anterior des posterioren Randes des Tragus                                 | Tragus-Lateraler Augenwinkel                            | 444 | 20% (5)   |
| Simpson et al. (1984)       | 10 mm anterior des oberen Randes des Tragus                                      | Camper Ebene  | 100 | 78% (5)   |
|                             | 10 mm anterior des posterioren Randes des Tragus                                 | Tragus-Lateraler Augenwinkel                            | 100 | 49% (5)   |
|                             | 11 mm anterior des posterioren Randes des Tragus                                 | Parallel und 7 mm unterhalb der Frankfurter Horizontale | 100 | 36% (5)   |
|                             | 13 mm anterior des posterioren Randes des Tragus                                 | Tragus-Lateraler Augenwinkel                            | 100 | 34% (5)   |

## Literaturübersicht

|                               |   |                               |     |                  |
|-------------------------------|---|-------------------------------|-----|------------------|
| Jung (1984)                   | 13 mm anterior des posterioren Randes des Tragus            | Tragus-Lateraler Augenwinkel  | 40  | 87,5%            |
| Palik et al.(1985)            | Ohr-Gesichtsbogen   | Achs-Orbital-Ebene            | 36  | 50% (5), 89% (6) |
| Abdal-Hadi (1989)             | 13 mm anterior zum oberen Rand des Porus acusticus externus | Porion-lateraler Augenwinkel  | 102 | 27.1%(5)         |
|                               | 10-11 mm anterior des Ohres                                 | Ohr-lateraler Augenwinkel     | 102 | 58,3%(5)         |
|                               | 12 mm anterior und 2 mm unterhalb des Porions               | Porion-Lateraler Augenwinkel  | 102 | 57.3%(5)         |
|                               | Individuelle Positionierung nach Berechnung durch den Autor |                               | 102 | 68.8%(5)         |
| Pieshlinger et al.(1995)      | Arbiträrer Gesichtsbogen(Quick Mount)                       | Achs-Orbita-Ebene             | 62  | 23% (5)          |
| Morneburg und Pröschel (2011) | 12 mm anterior des posterioren Randes des Tragus            | Tragus- Lateraler Augenwinkel | 114 | 63% (5)          |
| Zakaria et al.(2011)          | 11mm anterior zum oberen Rand des Tragus                    | Tragus-Lateraler Augenwinkel  | 100 | 100%(5)          |

An Hand der Tabelle 2.5 ist zu erkennen, dass das Vorkommen des arbiträren Scharnierachsenpunktes bezogen auf die Lage der wahren Scharnierachse stark variiert, abhängig von der Registriermethode und des verwendeten Referenzpunktes.

So lagen die in einer In-vitro-Studie von Palik et al. (1985) mit Hilfe eines Ohr-Gesichtsbogens gemessenen arbiträren Scharnierachsenpunkte in lediglich 50% der Fälle in einen 5 mm-Radius der wahren Scharnierachse. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich in einer In-vivo-Studie von Teteruck und Lundeen (1966), die ebenfalls einen Ohr-Gesichtsbogen bezüglich der Lage der Scharnierachsenpunkte untersuchten.

Hingegen zeigten Zakaria et al. (2011) jedoch, dass der von ihnen untersuchte arbiträre Scharnierachsenpunkt, der sich 11 mm anterior des Tragus befindet, bei gar 98% der untersuchten Patienten weniger als 5 mm von der kinematischen Scharnierachse zu finden war. Jedoch wird dabei auch betont, dass die Position der kinematischen Scharnierachse innerhalb der Bevölkerung stark variiert. Auch sind nach Walker (1980) die wahren Scharnierachsenpunkte oftmals beidseitig nicht gleich positioniert, sodass bei 33% ein Unterschied im Radius von  $\geq 5$  mm in der Lokalisation von einer Seite des Gesichtes zur anderen vorlag.

In der klinischen Studie von Teteruck und Lundeen (1966) an 47 Probanden wurde die Position der arbiträren Scharnierachsen nach der Verwendung des Ohr-Gesichtsbogens und nach Aufzeichnung eines Punktes 13 mm anterior des Tragus mit der Position der wahren Scharnierachse verglichen. Dabei befanden sich 56,4% der mit Hilfe des Ohr-Gesichtsbogens übertragenen und 33 % der nach Anwendung der Facia-Methode markierten Scharnierachsenpunkte in einem 6 mm-Radius der wahren Scharnierachse.

Bowley et al. (1992) untersuchten die Reliabilität eines arbiträren Gesichtsbogens mit Hilfe einer In-vitro-Studie und fanden heraus, dass die häufigsten Fehler bei der Gesichtsbogenübertragung während des Anlegens der posterioren Gesichtsbogen-Komponente und der damit verbundenen Übertragung der posterioren Referenzpunkte in den Artikulator entstehen und weniger bei der Adjustierung des anterioren Zeigers an den anatomisch dritten Referenzpunkt.

## **2.6 Die Bedeutung der Bezugsebene bei der Modellmontage**

### **2.6.1 Definition der Bezugsebene**

Um ein Oberkiefermodell in den Artikulator montieren zu können, müssen laut Weinberg (1961) zunächst zwei Bedingungen erfüllt werden. Zum einen sollte die Scharnierachse des Patienten lokalisiert werden. Dies kann sowohl kinematisch als auch arbiträr geschehen. Zum anderen wird ein anteriorer Referenzpunkt gewählt, der zusammen mit den posterioren Referenzpunkten, in der Regel sind dies die



Scharnierachsenpunkte, eine horizontale Referenzebene bilden (Weinberg 1961). Mit Hilfe dieser Ebene kann anschließend die räumliche dreidimensionale Lage des Oberkiefers zur Schädelbasis in den Artikulator übertragen werden (O'Malley und Milosevic 2000). Die Wahl des anterioren Referenzpunktes bestimmt somit die Neigung der Okklusionsebene, die durch den Artikulator reproduziert wird (O'Malley und Milosevic 2000).

### **2.6.2 Einteilung der Referenzebenen**

Die am häufigsten verwendete Referenzebene bei der Gesichtsbogenübertragung mit Hilfe des Ohr-Gesichtsbogens ist die Frankfurter Horizontale (The glossary of prosthodontic terms 1999; Ellis et al. 1992). Diese Ebene wurde erstmals 1882 auf einem Kongress für Anthropologen in Frankfurt vorgestellt (Krueger und Schneider 1986). Unter Verwendung des Orbita-Punktes als anterioren Referenzpunkt soll das Oberkiefermodell in der gleichen Relation zum oberen Anteil des Artikulators übertragen werden, wie der Oberkiefer des Patienten zur Frankfurter Horizontalen orientiert ist (Bailey und Nowlin 1984; The glossary of prosthodontic terms 1999). Es wird angenommen, dass die Frankfurter Horizontale parallel zur tatsächlichen Horizontalen liegt (The glossary of prosthodontic terms 1999). Die montierten Modelle im waagrecht stehenden Artikulator sollen somit in etwa der Position des stehenden Patienten mit aufrecht gehaltenem Kopf gleichen (Bose et al. 1993). Da jedoch das Porion, das röntgenologisch in etwa dem oberen Rand des knöchernen Foramen acusticum externum entspricht (Bailey und Nowlin 1984; The glossary of prosthodontic terms 1999) am Artikulator nicht reproduzierbar ist, haben die Hersteller von Artikulatoren das Porion durch die Artikulatorachse ersetzt (Ercoli et al. 1999). Diese Achs-Orbita-Ebene, die mit der Frankfurter Horizontalen laut Definition übereinstimmt (Ercoli et al. 1999) beziehungsweise parallel zu dieser liegen soll (Chitre 2006), müsste dementsprechend auch parallel zur tatsächlichen Horizontalen liegen.

Eine weitere Bezugsebene zur Oberkiefermontage in den Artikulator ist die Camper Ebene, die im 18. Jahrhundert von dem Anatom und Künstler Pieter Camper

eingeführt wurde (Bojanov et al. 1972) und ebenfalls ihren Ursprung in der Anthropologie findet. Diese Ebene wurde historisch gesehen als Referenzebene favorisiert, zum Beispiel beim Gysi- oder Hanau-Artikulator (Gärtner 2003). Von der unter anderem auch als „Campersche“ beziehungsweise Naso-aurikuläre Ebene, im amerikanischen Raum auch als Bromell Ebene (Brandrup-Wogensen 1953) bezeichneten Referenzebene, bestehen in der zahnärztlichen Literatur mehrere Definitionen. Eine genaue Beschreibung dieser Ebene ist schwierig, da die Bezugspunkte der Naso-Aurikular-Linie in der Literatur von einzelnen Autoren sowohl kraniometrisch, als auch kephalometrisch verschieden bestimmt wurden (Kaán 1968). So bezieht sich Kaán (1968) auf Gysi, der als Bezugspunkte die Spina nasalis anterior und den unteren Rand des Porus acusticus externus verwendete, wohingegen Häuple den oberen Rand als posterioren Referenzpunkt angab.

In der Literatur wird häufig davon ausgegangen, dass die Camper Ebene oder auch Naso-Aurikular-Linie parallel zur Okklusionsebene verläuft (Bojanov et al. 1972; Hofmann 1979). Die Campersche Ebene gilt daher in der Prothetik als Schädelbezugsebene zur Okklusionsebene (Hofmann 1979).

### **2.6.3 Die Beurteilung der Referenzebenen**

Die inkorrekte Übertragung der Neigung der Okklusionsebene wirkt sich sowohl auf die Funktion, als auch auf die Ästhetik aus (Pitchford 1991).

Eine Änderung in der vertikalen Position des anterioren Referenzpunktes um etwa 6 mm führt zu einer veränderten Kondylenbahnneigung von etwa 9° (O'Malley und Milosevic 2000).

Solch eine Abweichung kann sich auf die Höckerneigung sowie auf die Höckerhöhe auswirken und somit das Risiko von Fehlern im Bereich der Zahnkontakte erhöhen (O'Malley und Milosevic 2000).

### 2.6.3.1 Die Frankfurter Horizontalen

Die Verwendung des Gesichtsbogens in Verbindung mit der Orbita als anterioren Referenzpunkt führt zu einer übermäßig steilen Ausrichtung der Okklusionsebene in antero-posteriorer Richtung und somit zu ästhetischen Einbußen (Pitchford 1991). Weder die Frankfurter Horizontale, noch die Achs-Orbita-Ebene, die bei der Gesichtsbogenübertragung in den Artikulator als Referenzebene verwendet werden können, sind parallel zur ästhetischen Referenzposition beziehungsweise der natürlichen Kopfposition (Pitchford 1991). Die natürliche Kopfhaltung ergibt sich beim aufrecht sitzenden beziehungsweise stehenden Patienten, wenn dieser in Richtung Horizont schaut (Loudon et al. 1997). Zudem befindet sich die Orbita als anteriorer Referenzpunkt in der ästhetischen Referenzebene im Durchschnitt um 18,5 mm höher als die Scharnierachsenpunkte und um 11,45 mm höher als das Porion (Pitchford 1991).

Gonzalez und Kingery (1968) stellen fest, dass der durchschnittliche Unterschied zwischen der Frankfurter Horizontalen und der Okklusionsebene im Kephalogramm etwa 9° beträgt. Wird diese Beziehung nun zum Artikulator-Oberteil parallelisiert, entsteht die angesprochene Steilstellung der Okklusionsebene.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Bailey und Nowlin (1984), die in ihrer Studie Oberkiefermodelle von 10 Probanden mit Hilfe eines Gesichtsbogens, der nach der Frankfurter Horizontalen ausgerichtet wurde, in den Artikulator montierten. Auch hier zeigte sich eine steilere Positionierung des Oberkiefermodelles im Artikulator verglichen zur Situation im Kephalogramm. Dabei wurde der Winkel, gebildet aus Frankfurter Horizontale und der Okklusionsebene im Kephalogramm mit dem Winkel, der sich aus der Neigung des Oberkiefermodelles zum Artikulator-Oberteil ergab, verglichen.

Bose et al. (1993) verdeutlichen ebenfalls in einer In-vitro-Studie, dass die Modellmontage nach der Gesichtsbogenübertragung mit Hilfe der Scharnierachs-Orbital-Ebene zu einer Vielzahl unterschiedlicher Modellpositionen führt, wobei die Neigung der Okklusionsebene in den meisten Fällen nach anterior offen war. Das Oberkiefermodell wäre dann, wie bereits beschrieben, zu steil im Artikulator positioniert.

In einer ähnlichen Untersuchung (Downs 1948) ergab sich ein durchschnittlicher Neigungswinkel der Okklusionsebene zur Frankfurter Horizontalen von  $9,3^\circ$ . Auch in der In-vivo-Studie von Ellis et al. (1992), bei der 25 Oberkiefermodelle mit Hilfe eines Ohr-Gesichtsbogens übertragen wurden, konnte gezeigt werden, dass der Unterschied in der Neigung der Okklusionsebene im Kephalogramm verglichen zur Situation im Artikulator durchschnittlich  $6,8^\circ$  entsprach, wobei die Mehrzahl der Modelle steiler im Artikulator montiert wurden, als im Fernröntgenseitenbild gemessen. Um diesen Neigungsunterschieden der montierten Modelle im Artikulator entgegenzukommen, empfiehlt Pitchford (1991) hinsichtlich ästhetischer Kompromisse den anterioren Referenzpunkt nicht zwangsläufig dem Artikulator-Design anzupassen.

So stellen Ho und Leung (1992) einen Gesichtsbogen vor, der mit Hilfe einer integrierten Wasserwaage als anterioren Referenzpunkt die Okklusionsebene der Modelle im Artikulator in exakt der gleichen Neigung positionieren soll, wie diese am Patienten bei aufrechter, natürlicher Kopfposition vorliegt.

Auch Ferrario et al. (2002) präsentieren einen Gesichtsbogen, der die dreidimensionale Orientierung der Okklusionsebene misst, während der Patient in natürlicher Kopfposition aufrecht sitzt. Es zeigt sich, dass durch den Verzicht einer Referenzebene, wie beispielsweise der Frankfurter Horizontalen, nur geringe Abweichungen in der Neigung der Okklusionsebene am Patienten und dem mit Hilfe des vorgestellten Gesichtsbogens übertragenen Oberkiefermodelles im Artikulator zustande kommen, nämlich weniger als  $4,5^\circ$ .

### **2.6.3.2 Die Camper Ebene als Referenzebene**

In einer klinischen Studie von Bojanov et al. (1972) an 168 mazerierten Schädeln und 134 Studenten wurde die Parallelität zwischen der Camper Ebene und der Okklusionsebene untersucht. Hierbei ergaben sich erhebliche Abweichungen zwischen  $-4^\circ$  und  $+14^\circ$ .

Es wurde darauf hingewiesen, dass beim Parallelisieren der beiden Ebenen nach der Gesichtsbogenübertragung, bei jedoch bestehenden Abweichungen beider Ebenen

am Patienten, besonders bei der Behandlung Teil- beziehungsweise Unbezahnter, funktionelle Störungen zu erwarten seien.

Die in der Literatur vorkommenden Studien zur Lagebeziehung der Camperschen Ebene und Okklusionsebene berichten von einer durchschnittlichen Abweichung von circa 5°, mit einer überwiegenden Neigung der Okklusionsebene nach dorsal (Hofmann 1979). Oftmals besteht das Problem bei der Verwendung der Frankfurter Horizontalen als Referenzebene darin, dass die Oberkiefermodelle zu steil in den Artikulator übertragen werden (Ahlers 2013) und es hierbei zu Platzproblemen im Artikulator-Inneren kommen kann. Die Verwendung der Camperschen Ebene könnte diesen Platzmangel relativieren, jedoch lässt sich die knöchern-anatomisch sowie röntgenologisch gut definierte Spina nasalis anterior klinisch nur schwer beziehungsweise ungenau lokalisieren (Ahlers 2013). Des Weiteren wird die Camper Ebene von verschiedenen Autoren unterschiedlich definiert (Hofmann 1979). Kaan (1968) stellt in einer Untersuchung an lebenden Probanden sowie an mazerierten Schädeln fest, dass die kranio-metrischen beziehungsweise kephalometrischen Bezugspunkte nicht übereinstimmen. Er verdeutlicht, dass die Okklusionsebene mit der Camper Ebene beziehungsweise Naso-Aurikular-Linie nicht parallel verläuft, sodass diese Korrelation nicht als Maßstab zur Gestaltung der Okklusionsflächen der Prämolaren und Molaren künstlicher Zahnreihen verwendet werden sollte.

An anderer Stelle hingegen wird die Naso-Aurikular-Ebene als Anhalt für die Anordnung der Zahnreihen beim totalen Zahnersatz als zweckmäßig angesehen, da keine andere Bezugsebene, unter Berücksichtigung der individuellen Abweichungen, eine günstigere Winkelstellung zur Kaukrafttrichtung erzeugt (Hofmann 1979).

### **2.6.3.3 Mittelwertige Modellmontage**

Unabhängig von der Gesichtsbogenübertragung können die Modelle auch in einer anatomischen, mittelwertigen Position, zentriert in antero-posteriorer sowie lateraler Richtung zwischen den oberen und unteren Montageplatten des Artikulators positioniert werden (Christiansen 1959).

Dabei werden die Modelle nach dem Bonwillschen Dreieck mit einer Kantenlänge von circa 10 cm einartikuliert (Rossbach 1970). In der Regel hilft eine Einkerbung am Inzisalzeiger bei der Positionierung der Okklusionsebene.

Brandrup-Wogensen (1953) verdeutlicht, dass die Modellmontage nach Bonwill die Modelle stets in dieselbe Position in den Artikulator platziert. Aus diagnostischer Sicht sollte die mittelwertige Montage dementsprechend für eine Okklusionsanalyse nicht angewandt werden, da eventuelle Störkontakte, verursacht durch bestimmte Zahnstellungen, nicht wiedergegeben werden können.

Die mittelwertige Modellmontage kann auch als einfachste Methode bezeichnet werden die Modelle in den Artikulator zu positionieren, da sie individuelle Variationen nicht berücksichtigt (Christiansen 1959).

Bei einer Untersuchung (Horn und Opitz 1985a) der Achsendifferenz bei der Modellmontage im Artikulator nach dem Bonwillschen Dreieck und nach Gesichtsbogenübertragung an 120 Probanden konnte gezeigt werden, dass die Scharnierachsenposition nach Gesichtsbogenübertragung durchschnittlich um 9 mm von der Artikulatorachse nach mittelwertiger Montage abwich, in 25% der Fälle gar mehr als 12 mm. Das Ausmaß dieser Ungenauigkeiten führe demnach bei der mittelwertigen Modellmontage zu Fehlern bei der Analyse oder Gestaltung okklusaler Flächen, insbesondere bei einer Veränderung der Bisshöhe.

Eine ähnliche Untersuchung an 20 unbezahnten Patienten führte Rossbach (1970) durch. Auch hier konnte verdeutlicht werden, dass keiner der am Patienten durch Gesichtsbogenübertragung ermittelten Scharnierachsenpunkte mit denen des Mittelwertartikulators zusammenfielen.

An Hand eines mazerierten Schädels und des dazugehörigen Modellpaares verdeutlichte Kotwal (1979) die Lageunterschiede der Modelle, wenn diese nach vorausgegangener interokklusaler Sperrung sowohl mittelwertig, als auch nach arbiträrer Gesichtsbogenübertragung einartikuliert wurden. Es zeigte sich, dass die räumliche Position der Modelle im Artikulator nach Gesichtsbogenübertragung der Situation am Schädel am nächsten kam.

Daraus folgerte er, dass der arbiträre Gesichtsbogen bei vorheriger Änderung der vertikalen Relation der mittelwertigen Modellmontage vorzuziehen sei. Eine Aussage über die Unterschiede im Okkusionsschema wurde nicht gemacht.

## 2.7 Scharnierachse und Okklusion

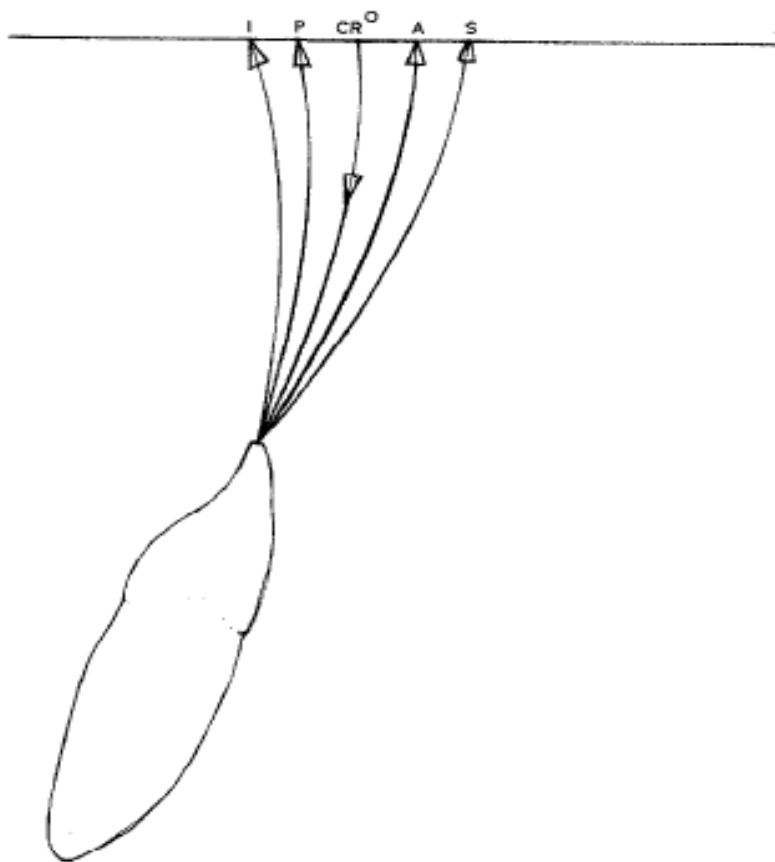
Ein Vorteil in der Bestimmung der wahren Scharnierachsenposition kann darin gesehen werden, dass eine Änderung der vertikalen Dimension im Artikulator erzeugt werden kann, ohne dass sich dies nachteilig als okklusaler Fehler auswirkt (Renner und Lau 1976).

Solang jedoch die Scharnierachse des Patienten nicht kinematisch sondern mit Hilfe eines arbiträren Gesichtsbogens registriert wird, müsste laut Weinberg (1961) mit einer Abweichung von  $\pm 5$  mm von der wahren Scharnierachse gerechnet werden. So erzeugt jede vertikale Änderung im Sinne einer interokklusalen Sperrung bei gleichzeitiger Verwendung einer arbiträren Scharnierachse einen okklusalen Fehler (Weinberg 1959). Ein Zentrik-Registret von 3 mm Höhe im Bereich der zweiten Molaren und einer arbiträren Scharnierachse, welche 5 mm posterior der wahren Scharnierachse bestimmt wurde, erzeugt beispielsweise einen okklusalen Fehler von 0,1934 mm (193,4  $\mu$ m) im Bereich der zweiten Molaren sobald das Registret entfernt und der Artikulator geschlossen wird (Weinberg 1959).

Dabei hängt bei der Verwendung arbiträrer Scharnierachsenpunkte der okklusale Fehler in der Statik vorwiegend vom Umfang der vertikalen Relationsänderung ab (Morneburg et al. 2010). Umso größer die vertikale Sperrung ist, desto größer auch der daraus resultierende okklusale Fehler (Craddock und Symmons 1952; Sörgel 1978). Hingegen spielt die Verwendung des Gesichtsbogens bei der Entstehung okklusaler Fehler in der Dynamik eine untergeordnete Rolle. Hier haben die Parameter „Bennett-Winkel“, „sagittale Gelenkbahnneigungswinkel“, „Interkondylarabstand“, „Inzisalbahnführungswinkel“ und „Ort der Kauflächenbetrachtung“ einen größeren Einfluss (Morneburg et al. 2010). Ausschlaggebend für den okklusalen Fehler in der Statik ist ein unterschiedlicher Radius in der Schließ- und Öffnungsbewegung des Unterkiefers im Artikulator im

Vergleich zur Situation im Patientenmund (Zakaria et al. 2011). So verdeutlicht Zuckerman (1982) in einer geometrisch-graphischen Darstellung die Richtung des okklusalen Fehlers in Abhängigkeit von der Abweichung der Position der arbiträren von der wahren Scharnierachse (Abb. 2.4)

Abb. 2.4: Unterschiedliche Bewegungsbahnen der Zahnreihen, nach unterschiedlichen Registrierungen der arbiträren hinsichtlich der Lage der wahren Scharnierachse. A, S, P und I beziehen sich dabei auf die Positionen der arbiträren Scharnierachse anterior, superior, posterior und inferior zur wahren Scharnierachse. CR beschreibt die zentrische Okklusion. Abb. von Zuckerman (1982).



Im Gegensatz hierzu führen Abweichungen in der Neigung der Okklusionsebene zu weitaus geringeren okklusalen Fehlern (Sörgel 1978; Adrien und Schouver 1997).



Die Größe des Fehlers wird dabei nach mathematisch-geometrischen Analysen von Brotman (1960b) von drei Faktoren beeinflusst:

1. von dem Ausmaß der Bissperrung durch das zentrische Registrat
2. von der Richtung der Lageabweichung und
3. von der Entfernung des arbiträren zum tatsächlichen Scharnierachsenpunkt

Zusätzlich gibt Hugger et al. (2001) das Ausmaß der Lateralbewegung sowie den Ort der okklusalen Betrachtung als entscheidend für die Größe des okklusalen Fehlers an.

### **2.7.1 Einfluss der vertikalen Sperrung auf den okklusalen Fehler bei der Verwendung arbiträrer Scharnierachsenpunkte**

Bei der Verwendung der arbiträren Scharnierachse kann es nach arbiträrer Gesichtsbogenübertragung beziehungsweise mittelwertiger Modellmontage in den Artikulator zum Auftreten okklusaler Fehler kommen, wenn zuvor die vertikale Relation verändert wurde, beispielsweise bei der Verwendung von Zentrik-Registraten (Brotman 1960c; Schulte et al. 1984; Morneburg und Pröschel 2011). Dabei besteht direkte Proportionalität zwischen dem Ausmaß der vertikalen Sperrung und des okklusalen Fehlers (Craddock und Symmons 1952; Sörgel 1978). Laut Adrien und Schouver (1997) entsteht pro 1 mm-Sperrung ein zusätzlicher okklusaler Fehler von 0,13 mm (130,0  $\mu\text{m}$ ). Solange jedoch bei der arbiträren Modellmontage keine Veränderung in der vertikalen Kieferrelation vorgenommen wurde, ist laut Hobo et al. (1976) auch kein größerer Effekt bezüglich der okkludierten Modelle zu erwarten. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass die Position der Modelle zueinander durch den maximalen Vielpunktkontakt reproduzierbar und stabil ist, andernfalls kann bei der Kieferrelationsbestimmung auf eine gewisse Sperrung durch beispielsweise Wachsregistrare nicht verzichtet werden.

## Literaturübersicht

Dass jedoch eine Kongruenz der Scharnierachsen am Patienten und im Artikulator zustande kommt und somit auch keine Vertikalabhängigkeit, kann laut Slavicek (1978) nur durch Zufall eintreten und ist daher sehr unwahrscheinlich. Er empfiehlt demzufolge ebenfalls eine möglichst geringe vertikale Öffnung bei der Herstellung gelenkbezogener Register. Auch andere Autoren betonen, dass im Zusammenhang mit jeglicher oraler Rehabilitation bei der Anfertigung maxillo-mandibulärer Register auf eine geringe vertikale Sperrung sowie auf eine zentrische Relation zu achten sei (Schallhorn 1957; Beck 1959).

So ermitteln Adrien und Schouver (1997) einen okklusalen Fehler von 0,2274 mm (227,4  $\mu\text{m}$ ) im Bereich der zweiten Molaren bei Verwendung der im Abstand von 5mm von der wahren Scharnierachse gelegenen, arbiträren Scharnierachse und vorheriger interokklusaler Sperrung von 3 mm .

Eine Fehlregistrierung der Scharnierachse innerhalb eines Durchmessers von 10 mm kann beim Schließen des Artikulators zu einer maximalen Verschiebung der Modelle gegeneinander von 0,35 mm (350,0  $\mu\text{m}$ ) führen, wenn zuvor um 5 mm im Frontzahnbereich gesperrt wurde (Kühl 1967).

Morneburg und Pröschel (2011) betrachten in einer mathematisch-geometrischen Analyse das Ausmaß des horizontalen okklusalen Fehlers bei mittelwertiger sowie nach arbiträrer, gesichtsbogenbezogener Modellmontage in Abhängigkeit von dem Ausmaß der Sperrung.

Hierfür wurde zuvor die wahre Scharnierachse von 57 Probanden bestimmt. Der okklusale Fehler wurde für die palatinalen Höcker der oberen zweiten Molaren berechnet. Es konnte gezeigt werden, dass der kleinste okklusale Fehler bei der arbiträren Gesichtsbogenübertragung dann entsteht, wenn zuvor eine interokklusale Sperrung von maximal 2 mm erzeugt wurde. Dabei entstünde ein Fehler von  $\geq 340\mu\text{m}$  bei einer Auftretens-Wahrscheinlichkeit von 10%. Ein ähnlicher Fehler entsteht, wenn dieselben Modelle mittelwertig mit einem idealisierten Balkwill-Winkel von  $17^\circ$  in den Artikulator übertragen wurden. In dieser Anordnung ergab sich mit 10%iger Wahrscheinlichkeit ein okklusaler Fehler von  $\geq 440\mu\text{m}$ . Wird der Balkwill-Winkel vergrößert, so resultieren auch größere okklusale Fehler von über  $1,120\mu\text{m}$  bei einem Winkel von  $25^\circ$ .

Bei einer zusätzlichen Sperrung von 4 mm wurden okklusale Fehler von gar  $\geq 2,370\mu\text{m}$  errechnet. Bei der arbiträren Modellmontage ergab sich ebenfalls eine Zunahme des okklusalen Fehlers bei Vergrößerung der Sperrung.

Morneburg et al. (2000) haben darüber hinaus die horizontalen okklusalen Abweichungen in der statischen Okklusion in Folge der unterschiedlichen Lokalisation der arbiträren und individuellen Achsenpunkte an Hand der Datenakquisition von 57 Probanden errechnet. Die Wahrscheinlichkeit, dass okklusale Fehler bei Verwendung arbiträrer Achsenpunkte die Größenordnung von 200 beziehungsweise 400  $\mu\text{m}$  übersteigt, liegt im Bereich der ersten Prämolaren bei 19 beziehungsweise 1% und im Bereich des zweiten Molaren bei 42 beziehungsweise 11% bei einer vorausgegangenen Bissperrung von 2 mm. Dadurch wird verdeutlicht, dass der Ort der Kauflächenbetrachtung für die Größe des okklusalen Fehlers ebenfalls von Bedeutung ist.

Morneburg et al. (2011) sehen es hingegen als sinnvoll an, bereits ab einer Änderung der vertikalen Relation von 2 mm den arbiträren Gesichtsbogen zu verwenden und ab  $\geq 4$  mm gar die individuelle Scharnierachse achsiographisch zu bestimmen.

Die interdentalen Registrierschablonen sollten in ihrer Höhe so gestalten werden, dass sie der posttherapeutischen, okklusalen vertikalen Dimension annäherungsweise entsprechen (Gordon et al. 1984).

### **2.7.2 Einfluss der Richtung der Lageabweichung des arbiträren Scharnierachsenpunktes auf die Okklusion und Artikulation**

Die Größe des okklusalen Fehlers ist laut Zuckerman (1982) direkt proportional zum Ausmaß der Abweichung der arbiträren von der wahren Scharnierachse.

Die Fehlregistrierung der Scharnierachse hat dabei in der einen Richtung gravierendere Konsequenzen, als in der anderen (Preston 1979; Zuckerman 1982). So entstehen größere Fehler, wenn die arbiträre Scharnierachse in superior-inferiorer Richtung zur wahren Achse registriert wurde, als in anterior-posteriorer Richtung (Preston 1979; Zuckerman 1982).

Laut Adrien und Schouver (1997) ergeben sich die größten okklusalen Fehler dann, wenn die arbiträre Scharnierachse in einem Winkel von  $355-110^\circ$ , das heißt superio-anterior sowie in einem Winkel von  $185-295^\circ$ , also postero-inferior von der wahren Scharnierachse liegen.

### **2.7.3 Einfluss des sagittalen Abstandes der arbiträren Scharnierachse zu den Zahnreihen bezogen auf den okklusalen Fehler**

Eine Verkürzung des sagittalen Abstandes von arbiträrer Scharnierachse zu den Zahnreihen führt zu einem größeren Ausmaß okklusaler Fehler verglichen zu einer Vergrößerung dieses Abstandes (Sörgel 1978; Zuckerman 1982; Fox 1967; v. Hesler et al. 1977). Der graphischen Darstellung Hobo et al. (1976) zufolge bewegen sich die Zähne bei Öffnungs- und Schließbewegungen des Unterkiefers demnach in einem weitaus steileren Radius, die Bewegungsbahn der Zahnreihen verläuft dementsprechend auch steiler (Hobo et al. 1976; v. Hesler et al. 1977).

So entstünde ein, auch ohne vorherige Änderung der vertikalen Dimension, leichter positiver Fehler, in Form eines Vorkontaktes, im Bereich der mesialen Höckerneigungen der Oberkiefer- und der distalen Höckerneigungen der Unterkieferzähne (Hobo et al. 1976).

Eine Untersuchung von Palik et al. (1985) an 18 Probanden zeigte, dass die mit Hilfe der Ohr-Gesichtsbögen bestimmten arbiträren Scharnierachsen eher in sagittaler Richtung von der wahren Scharnierachse abwichen, als in kranio-kaudaler. Die Lageänderung in antero-posteriorer Richtung zur wahren Scharnierachse war signifikant.

Eine nach ventral verschobene Scharnierachse schließt das Unterkiefermodell im Artikulator demnach in einer nach anterior verschobenen Kontaktposition und umgekehrt (Sörgel 1978).

Hingegen sind Piehslinger et al. (1995) zu dem Entschluss gekommen, dass eine Lageabweichung der arbiträren Scharnierachse in kranio-kaudaler Richtung okklusale Fehler vorwiegend im Frontzahnbereich erzeugen.

In der Tabelle 2.6 wird eine Auswahl an Studien, die die Auswirkung der Abweichung der Scharnierachse auf den okklusalen Fehler untersuchten, zusammengefasst.

Tab. 2.6: Einfluss der Fehlregistrierung der Scharnierachse auf die statische Okklusion. Bemerkung: ASA= arbiträre Scharnierachse, WSA=wahre Scharnierachse, MW= Mittelwert (mittelwertig), OK=Oberkiefer, UK= Unterkiefer

| <b>Autor</b>                | <b>Studiendesign</b>                 | <b>Versuchsaufbau/Fragestellung</b>   | <b>Kernaussage</b>   |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Logan (1926)                | Geometrisch-graphische Darstellung   | Mit Hilfe zweier Holzleisten, die über ein Scharnier miteinander verbunden sind, soll der Einfluss eines veränderten Abstandes zwischen Zahnreihe und Scharnierachse auf die Okklusion demonstriert werden.                 | Ist der Abstand der Zahnreihen zur Scharnierachse im Artikulator geringer, als am Patienten, so entstehen beim Eingliedern des Zahnersatzes vorwiegend Vorkontakte in der Front und vice versa.  |
| Craddock und Symmons (1952) | Geometrisch-graphische Darstellung   | Welchen Einfluss hat die Positionierung der Modelle nach ASA und vorheriger Bissperrung auf die Modellzuordnung?  | Bei einer Sperrung von 3mm und einer Fehlregistrierung der ASA in antero-posteriorer Richtung von 20 mm entstehen Fehler von 0,3 mm in Bezug auf die Höhe der Zahnhöcker. Fehler in dieser Größenordnung sind in der Totalprothetik tolerierbar.   |
| Weinberg(1959)              | Geometrisch-graphische Darstellung   | Wie wirkt sich die Fehlregistrierung der Scharnierachse bei okklusaler Sperrung auf die Okklusion aus?  | Weicht die ASA, bei einer okklusalen Sperrung von 3mm um 5 mm von der WSA ab, so ist an den zweiten Molaren mit einem okklusalen Fehler von 0,2 mm in antero-posteriorer Richtung zu rechnen.  |
| Brotman(1960b)              | Geometrisch-mathematische Berechnung | Unter anderem wird der okklusale Fehler bei arbiträrer Modellmontage computergestützt berechnet, bei gleichzeitiger Bestimmung der WSA. Dabei wird die Position der ASA im Verhältnis zur räumlichen Lage der WSA variiert. | Liegt die ASA superior zur Verbindungslinie zwischen WSA und dem Kontaktpunkt der mesioinzisalen Schneidekante der unteren ersten Schneidezähne, so entstehen Vorkontakte in der Front und vice versa. Liegt ASA auf dieser Linie anterior zur WSA, so entsteht eher eine Retrusion im Artikulator und vice versa. |
| Hobo et al. (1976)          | Geometrisch-graphische Darstellung   | Es soll unter anderem der Einfluss eines veränderten Bewegungsradius im Artikulator verglichen zur Patientensituation auf die Okklusion demonstriert werden   | Ist der Abstand der ASA zur Zahnreihe im Artikulator geringer als am Patienten entsteht zur Folge ein steilerer Bewegungsradius. Dies führt zu leichten Vorkontakten an den mesialen Höckerneigungen im OK und den distalen im UK.   |

## Literaturübersicht

|                       |                                      |  |   |
|-----------------------|--------------------------------------|--|---|
| v.Hesler et al.(1977) | Geometrisch-mathematische Berechnung | Anhand eines Computerprogrammes wird unter anderem der Einfluss der Fehlregistrierung des sagittalen und kaudalen Abstandes der Scharnierachse zum Inzisalpunkt auf die Gestaltung der Okklusalfächen berechnet und graphisch dargestellt. | Eine Verkürzung des sagittalen Abstandes führt zu größeren Fehlerquoten als eine Verlängerung. Die Artikulationsbahnen werden mit zunehmendem sagittalem Abstand flacher. Eine kaudale Abstandsänderung erzeugt hingegen wesentlich geringere okklusale Fehler als die sagittale.   |
| Sörgel (1978)         | Geometrisch-mathematische Berechnung | Es sollen die okklusalen Fehler bei Fehlregistrierung der Scharnierachse in verschiedene Richtungen berechnet werden.  | Je kleiner der Abstand von ASA und okklusaler Referenz, desto größer auch der okklusale Fehler und vice versa. Bei Parallelverschiebung der ASA von der WSA in sowohl sagittaler, als auch vertikaler Richtung, entsteht Proportionalität zwischen Fehlregistrierung der ASA und des okklusalen Fehlers.  |
| Preston (1979)        | Geometrisch-graphische Darstellung   | Graphische Darstellung zur Fehlregistrierung der WSA in unterschiedliche Richtungen und die daraus entstehende okklusale Konsequenz  | Es werden größere Fehler erzeugt, sobald die ASA in superior-inferiorer Richtung fehlregistriert wird als in anterior-posteriorer Richtung.   |
| Zuckerman (1982)      | Geometrisch-graphische Darstellung   | Mit Hilfe eines Modelles, das dem temporo-mandibulären Gelenk und dessen Lagebeziehung zur Okklusionsebene entspricht, soll verdeutlicht werden, welcher okklusale Fehler entsteht, wenn die ASA von der WSA abweicht                      | Es entstehen größere okklusale Fehler bei der Registrierung der ASA in superiorer und inferiorer Richtung von der WSA. Das Ausmaß okklusaler Fehler wird hingegen geringer, wenn der Abstand ASA-Okklusionselemente zunimmt. Das Ausmaß des okklusalen Fehlers ist direkt proportional zum Ausmaß der Fehlregistrierung der WSA.                                      |
| Gordon et al. (1984)  | Mathematisch-geometrische Berechnung | Es wird der Effekt der Fehlregistrierung einer ASA in vertikaler und horizontaler Richtung auf die Okklusion berechnet.  | Liegt die ASA anterior der WSA entstehen Vorkontakte an den zweiten Molaren mit Retrusion des Unterkiefers. Ist die Situation genau umgekehrt, so kommt es zur Lückenbildung. Liegt die ASA inferior, dann entstehen Vorkontakte am zweiten Molaren sowie eine Protrusion des Unterkiefers. Wenn superior, dann ebenfalls Vorkontakte und Retrusion des Unterkiefers. |
| Schulte et al.(1984)  | Mathematisch-geometrische Berechnung | Es wird der okklusale Fehler quantifiziert, der auftritt sobald die Scharnierachse durch arbiträre Gesichtsbogenübertragung nicht exakt lokalisiert wird.  | Der okklusale Fehler ist abhängig vom Ausmaß der Sperrung und der Abweichung der ASA von der WSA.   |

## Literaturübersicht

|                               |   |  |   |
|-------------------------------|---|--|---|
| Adrien und Schouwer(1997)     | Mathematisch-geometrische Berechnung                  | Untersuchung des okklusalen Fehlers in Abhängigkeit vom Ausmaß der Sperrung, der Neigung der Okklusionsebene und der Lageabweichung der ASA bezüglich der WSA.   | Der größte okklusale Fehler entsteht dann, wenn die ASA kranioanterior oder kaudoinferior zur WSA liegt. Die Größe des okklusalen Fehlers ist direkt proportional zum Ausmaß der Sperrung. Die Neigung der Okklusionsebene spielt eine untergeordnete Rolle bei der Entstehung okklusaler Fehler.   |
| (Morneburg und Pröschel 2002) | Mathematisch-geometrische Berechnung (In-vivo-Studie) | An Hand der Daten (unter anderem WSA, ASA) von 57 Probanden sollte der okklusale Fehler berechnet werden, wenn anstatt der WSA die ASA verwendet wurde und die vertikale Dimension um 2 beziehungsweise 4 mm erhöht wurde.   | Bei der Verwendung der ASA und einer Sperrung von 2 mm wird in 87% der Fälle ein okklusaler Fehler <300 µm in Regio des 2. Molaren errechnet. In 12 % der Fälle ergeben sich Fehler von 300-500 µm, in einem 1% gar Fehler von >500 µm. Der okklusale Fehler steigt mit größer werdender Sperrung. Okklusale Fehler sind zudem im posterioren Zahnbereich kleiner als im anterioren. Bei einer Sperrung $\leq 2$ mm ist die gelenkspezifische Modellmontage nicht sinnvoll.   |
| (Morneburg und Pröschel 2011) | Mathematisch-geometrische Berechnung (In-vivo-Studie) | An Hand der Daten (unter anderem WSA, ASA) von 57 Probanden sollte der okklusale Fehler nach MW Modellmontage sowie nach Verwendung der ASA berechnet werden, bei einer vertikalen Sperrung von 2 beziehungsweise 4 mm. Zudem wurde der Einfluss des Balkwill-Winkel bei der MW-Methode auf den okklusalen Fehler errechnet. | Der kleinste okklusale Fehler nach Bestimmung der ASA wird bei einer Sperrung von 2mm errechnet. Steigt die Sperrung, so erhöht sich der okklusale Fehler. Bei der MW-Methode wurde ein idealer Balkwill-Winkel von 17° berechnet, bei dem sich bei einer Sperrung von 2mm der kleinste okklusale Fehler bestimmen lässt. Steigen der Balkwill-Winkel und die Sperrung ergeben sich größere okklusale Fehler. Bei der Verwendung der ASA ergeben sich kleinere okklusale Fehler als nach der MW-Methode. Bei einer Sperrung $\geq 4$ mm sollte die WSA bestimmt werden. |

### 3 Ziel der Untersuchung

Ziel dieser doppelt verblindeten randomisierten Untersuchung ist es an funktionsgesunden (Ausschluss craniomandibulärer Dysfunktion, CMD) Patienten den Einfluss der Gesichtsbogenregistrierung auf die okklusalen Kontakte bei der Modellübertragung in den Artikulator zu evaluieren. Die Kieferrelationsbestimmung soll bei der sekundären Remontage Totaler Prothesen mit Hilfe der intraoralen zentralen Stützstift-Registrierung durchgeführt werden. Die Übertragung der zentrischen Kieferrelation nach Stützstift-Registrierung in den Artikulator wird entweder mittelwertig, bei gegebenem Bonwilldreieck und Balkwillwinkel oder arbiträr schädelbezüglich mittels Gesichtsbogenregistrat durchgeführt.

Die Null-Hypothese besagt, dass die individuelle schädelbezügliche Modellmontage mit einem Ohr-Gesichtsbogen gegenüber der mittelwertigen Modellmontage keinen Vorteil bezüglich der Anzahl und Verteilung okklusaler Kontaktpunkte sowie des Ausmaßes der Nachsorge im Anschluss an die intraorale Stützstift-Registrierung liefert. Das Ausmaß der vertikalen Bissperrung korreliert zudem nicht mit der Position der Okklusionskontakte in beiden Gruppen.

Die Arbeitshypothesen besagt, dass sich die statische Okklusion hinsichtlich der Anzahl und Position der Kontaktpunkte nach der individuellen schädelbezüglichen Modellmontage mit einem Gesichtsbogen im Vergleich zur mittelwertigen Modellmontage unterscheidet. Zudem korreliert das Ausmaß der vertikalen Bissperrung mit der Position der Okklusionskontakte in beiden Gruppen. Eine Erhöhung der vertikalen Änderung verursacht dementsprechend mehr Frontzahnkontakte.



## 4 Material und Methode

### 4.1 Patientenauswahl

In der klinischen Studie (randomisiert, doppelt-verblindet) wurden Totale Prothesen von 32 Probanden (Neuanfertigung im Studentenkurs/Staatsexamen am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Charité-Universitätsmedizin zu Berlin) mit dem intraoralen Gerber® Stützstift-Registrierat (Set Nr. 105, Condylator, Zürich, Schweiz) sekundär remontiert. Die Probanden wurden in einem Zeitraum von März 2011 bis Oktober 2012 am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Charité-Universitätsmedizin zu Berlin untersucht. Zum Zeitpunkt der intraoralen Stützstift-Registrierung sollten die Prothesen bereits eingelagert sein. Eine Tragezeit von mindestens zwei Wochen wurde hierfür vorausgesetzt. Des Weiteren sollte zumindest eine der Prothese zum Zeitpunkt der Registrierung nicht älter als vier Wochen sein. Die Totalprothesen wurden entsprechend der TIF-Methode (Körholz 1999) aufgestellt.

Die Probanden wurden im Vorfeld mit Hilfe einer Randomisierungstabelle (Microsoft® Excel) in einer von zwei Gruppen unterteilt, die sich nach der Methode der Modellmontage richtete.

Dabei wurden Probanden ohne Namensangabe durchnummeriert (G01-G33) und einer Gruppe (A: arbiträre Gesichtsbogenübertragung, B: mittelwertig) zugeordnet, wobei sowohl die Probanden als auch die Behandler, mit Ausnahme von Behandler 3 und 4, verblindet waren. Die Gruppe A und B beinhalteten zum Studienbeginn jeweils 16 Probanden. Der Untersuchungszeitraum sollte insgesamt 84 Tage betragen. Der Stichprobenumfang wurde mit Hilfe des Analyse-Programms nQuery Advisor 7.0 berechnet. Bei einer relativen Effektstärke von 0,238 und einer Streuung  $\sigma=2,9$  wurde eine Gruppengröße von  $n=15$  errechnet, um eine statistische Power von 80% zu erhalten. Jeder Patient wurde über die Vorteile und mögliche Risiken bei Studienteilnahme von einem Studienarzt (Dr. Sterzenbach) aufgeklärt und gab sein schriftliches Einverständnis zur Teilnahme. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Charité-Universitätsmedizin Berlin geprüft und bestätigt (Antragsnummer: EA4/033/11).

#### **4.1.1 Voruntersuchung der Probanden**

Die Voruntersuchung wurde im Vorfeld der sekundären Remontage durch Behandler 1 (ZÄ Zorn) mit Hilfe von RDC/TMD-Bögen (John et al. 2006) (Protokoll 11.1, Anhang 11.1) durchgeführt, mit denen die Patienten auf bekannte craniomandibuläre Dysfunktionen (CMD) untersucht werden konnten. Patienten, die Schmerzen im Kiefer-Gesichtsbereich angaben, beziehungsweise bei denen eine tatsächliche craniomandibuläre Dysfunktion diagnostiziert wurde, wurden aus der Studie ausgeschlossen.

Zusätzlich wurden alle Patienten vor Beginn der intraoralen Stützstift-Registrierung durch den Behandler 2 (ZA Dr. Blankenstein) untersucht. Dabei wurde besonders die Beschaffenheit der Prothesen und des Prothesenlagers berücksichtigt. Jegliche Druckstellen, Rötungen sowie anderweitige Schleimhautveränderungen wurden in die Patientenakten notiert. Patienten bei denen die Totalprothesen einen Bedarf der Änderung im Sinne einer Unterfütterung oder Zahnnumstellung aufwiesen oder bei denen störende Habits eine genaue Zuordnung der Kiefer zueinander verhinderten, wurden ebenfalls aus der Studie ausgeschlossen. Ein weiteres Kriterium, das zum Ausschluss aus der Studie führte, war eine unzureichende Bereitschaft zur Mitarbeit beziehungsweise die fehlende Möglichkeit der Nachuntersuchung.

#### **4.1.2 Aufzeichnung der Okklusion**

Vor der Stützstift-Registrierung wurde für jeden Probanden ein Okklusionsprotokoll angefertigt, in der die Statik sowie die Dynamik registriert wurden. Die Zahnkontakte in der Statik wurden mit Hilfe von roter Okklusionsfolie (Occlusion Foil 22mm \* 25mm, 12 µm, Henry Schein Inc, Melville NY, USA) dargestellt und in das entsprechende Schema notiert (Protokoll 11.2, Anhang 11.1). Mit Hilfe von Shimstockfolie (Hanel® 8 µm, Cotlène/ Whaledent, Langenau, Deutschland) wurden die statischen Zahnkontakte erneut überprüft, um eine Differenzierung der Kontakte in feste Kontakte, Schleifkontakte und fehlende Kontakte darzustellen. Die statischen Kontakte wurden dementsprechend mit „+“ (feste Kontakte), „0“ (Schleifkontakte) oder „-“ (fehlende Kontakte) in das Okklusionsprotokoll eingetragen.

## Material und Methode

Die dynamische Okklusion wurde ebenfalls mit Hilfe von Shimstockfolie kontrolliert und in der jeweiligen Patientenakte dokumentiert. Dabei wurde zwischen Eckzahnführung, Gruppenführung unilateral, Gruppenführung beidseits balanciert und Frontzahnführung unterschieden. Das Muster der dynamischen Okklusion wurde bei allen Patienten im Laufe der Studie belassen. Das Okklusionsprotokoll wurde anschließend für jeden Patienten nach dem Absenken der Prothesen im Labor sowie nach dem Einschleifen im Labor aufgezeichnet. Des Weiteren wurde die Okklusion nach dem unmittelbaren Einsetzen der Prothesen im Patientenmund, sowie zur Abschlussuntersuchung nach 84 Tagen dokumentiert. Für die klinische Auswertung der Okklusion ergaben sich somit pro Patienten 3 Okklusionsprotokolle (Tabelle 4.1)

Tab. 4.1: Dokumentation der klinischen Okklusion zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen.

| <b>Dokumentation der klinische Okklusion (Dynamik und Statik)</b> |  |
|---|--|
| <b>Zeitpunkt</b>  | <b>Beschreibung</b>  |
| T0  | Okklusion vor dem Einschleifen                                     |
| T1  | Okklusion nach der Eingliederung in Folge der sekundären Remontage |
| T2  | Okklusion nach 84 Tagen  |

## 4.2. Klinischer Ablauf

### 4.2.1 Gesichtsbogen-Übertragung

Zu Beginn der Stützstift-Registrierung wurde, unabhängig von der Gruppenzuordnung, bei jedem Probanden die Gesichtsbogenregistrierung durchgeführt. Die Registrierung, durchgeführt durch die Behandler 3 (Doktorand Schmid) und 4 (Doktorand Helm), erfolgte mit Hilfe eines Ohr-Gesichtsbogens. Dabei wurde dem Patienten zunächst die Oberkieferprothese entnommen und eine Bissgabel mit drei Bite-Taps ®(Bite-Tap TM, Panadent Corporation Colton, CA, USA), platziert jeweils zwei in der Molaren- und einen in der Frontzahnregion, vorbereitet. Zum Erweichen der Bite-Taps wurde die Bissgabel im Bereich der

## Material und Methode

Impression Disks über eine Becht® Spirituslampe (Typ 755, Alfred Becht GmbH und Co., Offenburg, Deutschland) gehalten und bei adäquater Plastizität des Materials von der Flamme entfernt. Anschließend wurde die Oberkieferprothese extraoral mit den Okklusalfächen der Molaren und der Frontzähne entsprechend auf den Bite-Taps positioniert und adaptiert, wobei ein Durchdrücken bis auf die Bissgabel vermieden wurde, sodass sich lediglich leichte Impressionen der Höckerspitzen zur Positionierung der Prothese ergaben. Die Bissgabel mit der Oberkieferprothese wurde anschließend zum Abkühlen unter fließend kaltes Wasser gehalten.

Vor dem Anbringen des Gesichtsbogens wurde der Patient auf dem Behandlungsstuhl in eine horizontale Lage positioniert. Der Gesichtsbogen wurde daraufhin mit Fingerlingen (Unigloves®, Troisdorf-Spich, Deutschland) im Bereich der Ohrliven bestückt und diese in den äußeren Gehörgang eingeführt. Der Patient wurde hierbei gebeten, das Einführen der Ohrliven durch das Halten des Gesichtsbogen-Grundgerüsts und unter leichter Druckapplikation in die äußeren Gehörgänge zu unterstützen. Zur korrekten Ausrichtung des Nasenstegs und somit des gesamten Gesichtsbogens zur Frankfurter Horizontale wurde der Infraorbitalzeiger in den Bereich des linken Infraorbitalpunktes ausgerichtet und der Nasensteg dementsprechend unter leichtem Ventralzug des Gesichtsbogen-Grundgerüsts fixiert (Abb.4.1). Anschließend wurde die Oberkieferprothese mit der daran fixierten Bissgabel in den Patientenmund eingebracht und in der Position stabilisiert.

Daraufhin wurde der Support auf die Bissgabel aufgeschoben und in der entsprechenden Vorrichtung an dem Gesichtsbogen fixiert (Abb. 4.2).

## Material und Methode

Abb. 4.1: Ausrichten des Infraorbitalzeigers im Bereich des linken Infraorbitalpunktes.



Abb. 4.2: Gesichtsbogen mit Bissgabel und Support.



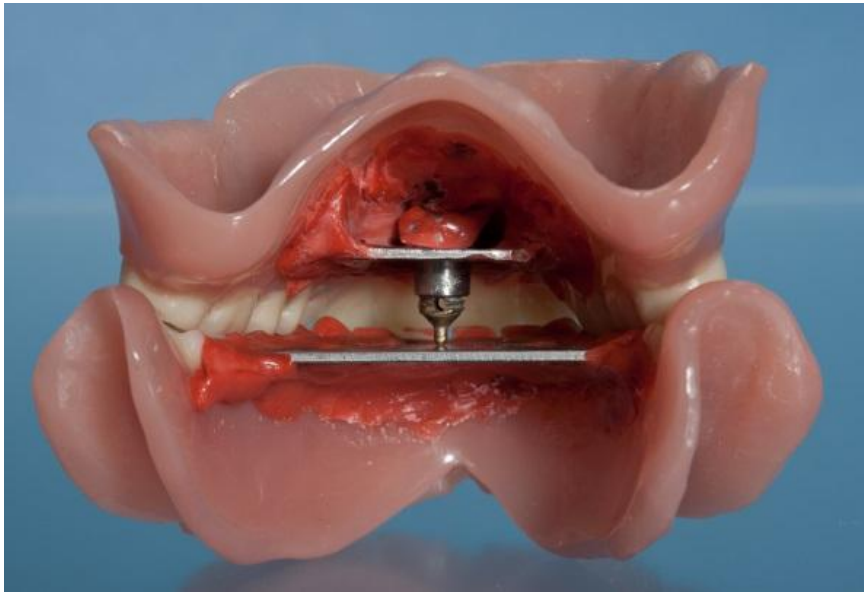
Nach der Kontrolle des korrekten Sitzes von Gesichtsbogen, Bissgabel, Oberkieferprothese und Support, ließ sich der Support durch 7-8 Umdrehungen an der Fixationsschraube befestigen. Zur Sichtkontrolle wurden 2 Handspiegel (MIR 3, HU-Friedy, USA) verwendet, wobei ein Spiegel zum Abhalten der Wangen genutzt wurde und der andere zur eigentlichen Sichtkontrolle. Dabei war es wichtig, dass die Oberkieferprothese ohne Hilfsmittel stabil am Oberkiefer adaptiert war und sich kein

Spalt zwischen den Bite Tabs und den Okklusalfächern der Prothese ergaben. Anschließend konnte der Support von dem Gesichtsbogen-Grundgerüst gelöst und mitsamt der Bissgabel und der Oberkieferprothese aus dem Patientenmund entnommen werden. Zuletzt wurde der Gesichtsbogen entfernt und die Oberkieferprothese dem Patienten wieder eingesetzt.

#### **4.2.2 Stützstift-Registrierung**

Nach der Gesichtsbogenregistrierung wurde bei jedem Probanden die zentrische Zuordnung der Prothesen zu einander mit Hilfe der Stützstift-Registrierung vorgenommen. Hierbei wurde das Stützstift-Registriergerät mit Hilfe von Bite-compound® (Thermoplastisches Abformmaterial für Biss-Registrierung 120 g, GC Corporation, Tokyo, Japan) an den jeweiligen Prothesen fixiert, wobei sich die Schreibplatte, bei denen zwischen 4 verschiedenen Größen gewählt werden konnte, in der Unterkieferprothese auf Höhe der Okklusionsebene und die Stiftplatte in der Oberkieferprothese parallel zur Schreibplatte befinden sollten. Der Stift wurde anfangs vollständig in die jeweilige Plattenvorrichtung eingedreht und diese so positioniert, dass sich dieser anschließend in horizontaler Ansicht mittig und in der Sagittalen zwischen den Zähnen 14 und 15 beziehungsweise 24 und 25 am Prothesengaumen befand. Zudem sollte im Ausgangszustand ein Kontakt zwischen dem eingeschraubten Stift und der Schreibplatte bestehen bei gleichzeitiger, maximaler Interkuspitation der beiden Prothesen. Dies konnte extraoral überprüft werden, wobei zusätzlich auf die Parallelität der Platten in der Oberkiefer- und Unterkieferprothese geachtet wurde (Abb. 4.3).

Abb.4.3: Ausrichten der Schreibplatten. Die Platten wurden parallel angeordnet bei gleichzeitigem Kontakt zwischen Stift und Platte.



Um die Platten ausrichten zu können, wurde ein Wasserbad (Typ MWB1/9 Julabo® Labortechnik GmbH, Seelbach, Deutschland) mit einer Temperatur von 65-70° C sowie die Spirituslampe genutzt, um das Bite-compound im plastischen Zustand zu halten. Mit Hilfe einer zahnärztlichen Sonde (Typ 143123, Orbis-Dental GmbH, Münster, Deutschland) konnte die gewünschte Position erreicht werden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Platten mit dem Bite-compound auf eine trockene Oberfläche appliziert werden konnten.

Überstände des Bite-compounds, die bei der anschließenden Stützstift-Registrierung einen Störfaktor darstellen könnten, wurden mit Hilfe eines Einmal-Skalpells (Feather Disposable Scalpel, Feather Safety Razor CO Ltd., Japan) entfernt.

Die Prothesen mit eingebautem Registrat konnten nun dem Patienten zurückgegeben werden. Anschließend wurde durch das Herausdrehen des Stiftes an der Stiftplatte im Oberkiefer die Vertikale so weit erhöht, dass lediglich ein Kontakt zwischen Stift und Schreibplatte, sowohl in der Statik, als auch in der Dynamik (Protrusion, Laterotrusion rechts und links, Retrusion), bestand. Dabei sollte die okklusale Sperrung so gering wie möglich gehalten werden bei gleichzeitigem Verzicht antagonistischer Kontakte. Es wurde zunächst die für den späteren Ablauf der Registrierung entsprechenden Bewegungen des Unterkiefers geübt. Nach kurzer Eingewöhnungszeit wurden dem Patienten beide Prothesen wieder entnommen.

## Material und Methode

Anschließend wurde die Schreibplatte mittels eines Edding® 3000 Permanent Marker (1,5-3 mm, col. 001-010, Creativ Discount, Germany) eingefärbt und der Stützstift in seiner optimierten vertikalen Position mit Hilfe von Klebewachs (Glaswachs gelb, Adhesive Wax, Hoffmann Dental Manufaktur GmbH, Hanau, Deutschland) fixiert. Daraufhin wurden die Prothesen wieder eingegliedert und es konnte mit der Stützstift-Registrierung durch den Behandler 5 (ZA Dr. Sterzenbach, Behandler war verblindet) begonnen werden. Der Patient führte dabei die zuvor einstudierten Bewegungen unter Anweisung und leichter unterstützender Führung des Behandlers selbstständig durch, wobei auch in diesem Fall darauf geachtet wurde, dass während der Registrierung ein Kontakt zwischen dem Stützstift und der Schreibplatte bestand. Anschließend wurde dem Patienten die Unterkieferprothese mit den auf der Schreibplatte markierten Bewegungen aus dem Mund entnommen. Idealerweise sollte dabei das Bild einer Pfeilspitze (Abb. 4.4) im Sinne eines "Gotischen Bogen" in Richtung der unteren Frontzähne zeigend, zu erkennen sein. In dieser Position, die der zentrischen Kondylenposition beziehungsweise der terminalen Scharnierachsenposition entspricht, wurden die Prothesen zueinander verschlüsselt. War das klinische Bild jedoch nicht eindeutig beziehungsweise zu ungenau, wurde die bis dahin aufgezeichnete Pfeilspitze mittels zahnärztlicher Sonde und Lineal durch das Andeuten eines Fadenkreuzes am Randbereich der Schreibplatte markiert und die Registrierung nach erneutem Einfärben der Schreibplatte, wobei die Randmarkierungen belassen wurden, wiederholt. Bei Übereinstimmung mit der markierten Fadenkreuzmitte, wurde mit Hilfe einer zahnärztlichen Sonde und Sekundenkleber (UHU Dent 10g, UHU GmbH & Co KG, Bühl, Deutschland) ein zum Stützstift-Registrierat gehörendes Kunststoffplättchen, welches mit der zentralen Lochung auf der Pfeilspitze platziert wurde, fixiert (Abb.4.5).



## Material und Methode

Abb.4.4: Darstellung einer idealen Pfeilspitze nach der Stützstift-Registrierung.



Abb.4.5: Das Kunststoff-Plättchen wurde mit der Lochung auf der Pfeilspitze fixiert.



Anschließend konnte die Unterkieferprothese wieder in den Patientenmund zurückgesetzt werden. Der Patient wurde daraufhin gebeten den Unterkiefer zu schließen, wobei der Stützstift zentral in die Lochung des Kunststoffplättchens auf der Schreibplatte treffen sollte. Empfund der Patient diese Position als angenehm, so wurde diese unter Anwendung von Memoreg® 2 (Venyl Polysiloxane 50 ml, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Deutschland) verschlüsselt, indem das Material in den durch die Sperrung entstandenen interokklusalen Spalt appliziert wurde.

Nach einer Aushärtezeit von 2-3 Minuten wurden den Patienten die verschlüsselten Prothesen entnommen und zur Desinfektion für 10 min in ein Impresept®-Bad (ESPE GmbH und Co. KG, Seefeld, Deutschland) gegeben und anschließend unter fließend Wasser abgespült und für 10 Minuten in ein Impresept-Bad gelegt. Die Prothesen konnten nun zum Einschleifen in das Labor gegeben werden.

### **4.3. Laborablauf**

Bevor die Prothesen einartikuliert wurden, wurden untersichgehende Bereiche in der Prothesenbasis mit Silaplast® (Silaplast® Futur, 5400ml, DETAX GmbH & Co., Ettlingen, Deutschland) ausgeblockt (Abb.4.6), sodass diese im Anschluss ohne weiteres von den Gipsmodellen entfernen werden konnten.

Die zuvor verschlüsselten Prothesen wurden nun von der Zahntechnikerin mit Alabastergips (Typ II, natur, Siladent® Dr. Böhme und Schöps Dental GmbH, Berlin, Deutschland) der Gruppenzuordnung entsprechend, einartikuliert. Dabei wurde je nach Randomisierung die Oberkieferprothese der Gruppe A mit Hilfe der arbiträren Gesichtsbogenregistrierung einartikuliert und die Unterkieferprothese der Gruppe B mittelwertig (Inzispunktanzeiger und Tischebene, Bonwilldreieck 11,5 mm; Balkwillwinkel 22°, Kondylenbahnneigungswinkel 33°) in den Artikulator montiert. Die entsprechende Gegenprothese wurde anschließend mit Hilfe des Memoreg-Registrats der bereits einartikulierten Prothese zugeordnet.

#### **4.3.1 Arbiträre Modellmontage nach Gesichtsbogenübertragung**

Die Modellmontage der Oberkieferprothese nach arbiträrer Gesichtsbogenübertragung konnte mit Hilfe eines Übertragungsschlittens, der am Artikulator angelegt wurde, durchgeführt werden.

Zur Stabilisierung des Bissgabelregistrates musste eine Bissgabel-Unterstützung mittig auf die Sockelplatte positioniert werden. Nachdem die Oberkieferprothese in ihre korrekte Position gemäß der Impressionen des Bissgabelregistrates gebracht wurde, konnte die Prothese mit Alabastergips einartikuliert werden. (Abb. 4.7).

## Material und Methode

Abb. 4.6 Mit Silikon ausgeblockte Prothesenbasis.



Abb. 4.7: Einartikulierte Oberkieferprothese nach Gesichtsbogenübertragung.



Nach circa 30 Minuten war der Gips abgebunden. Anschließend erfolgte die Zuordnung der Unterkieferprothese zu der bereits einartikulierten Oberkieferprothese. Hierfür wurde der Artikulator so positioniert, dass sich das Artikulatoroberteil unten und das Artikulatorunterteil oben befanden. Der Inzisalteller wurde nach Herstellerangaben am Unterteil, der Artikulatorstützstift am Oberteil des Artikulators befestigt. Es wurde darauf geachtet, dass der Stützstift

auf der Position "0" eingestellt war. Durch das Auftragen des Registrates auf die Okklusalfächen der Prothesen, konnten diese zueinander zugeordnet werden. Auch hierbei wurde zuvor die Prothesenbasis mit Silikon ausgeblockt. Anschließend wurde mit dem Anmischen des Alabastergipses begonnen. Nachdem der Gips sowohl auf die Sockelplatte als auch auf die Prothesenbasis aufgetragen wurde, konnte der Artikulator verschlossen werden. Dabei ergab sich ein Kontakt zwischen dem Stützstift des Artikulators und dem Inzisalteller. Nach weiteren 30 Minuten war der Alabastergips ausgehärtet und die Prothesen einartikuliert.

#### **4.3.2 Arbiträre Modellmontage nach Mittelwerten**

Bei der mittelwertigen Modellmontage wurde zunächst die Unterkieferprothese parallel zur Okklusionsebene beziehungsweise zur Okklusionsebene in den Artikulator übertragen. Hierzu wurde ein dünnes Gummiband an den am Artikulator vorgegeben Kerben aufgespannt, sodass die Okklusionsebene (parallel zur Tischebene) dargestellt werden konnte. Zusätzlich wurde ein Inzisalzeiger am Stützstift in seine vorgegebene Position gebracht und fixiert. Dieser markierte hierbei die Position der unteren mittleren Frontzähne.

Die Prothesen wurden ebenfalls mit Alabastergips einartikuliert. Dabei wurde die Unterkieferprothese so ausgerichtet, dass die Inzisalflächen beziehungsweise die Höckerspitzen auf der Höhe der Okklusionsebene, also des aufgespannten Gummibandes endeten. Lediglich die bukkalen Höckerspitzen der ersten und zweiten Molaren ragten dabei um ein bis zwei Millimeter über diese Ebene (Abb. 4.8). Der Kontaktpunkt der unteren mittleren Frontzähne sollte, wie bereits erwähnt, auf Höhe der Spitze des Inzisalzeigers liegen( Abb.4.9).

## Material und Methode

Abb.4.8: Unterkieferprothese (hier als Gipsmodell) mittelwertig parallel zur Tischebene einartikuliert  
Die Höckerspitzen von M1 ragen ein bis zwei mm über die Okklusionsebene (Gummi-Band).



Abb.4.9: Gleiche Situation wie in Abb. 4.8. Der Inzisalzeiger markiert die Position der unteren mittleren Frontzähne.



Um die vertikale Lage der Unterkieferprothese bestimmen zu können, musste sowohl von frontal, als auch von sagittal das Gummiband so betrachtet werden, dass alle 3 Schenkel auf einer Ebene zu liegen kamen und zwar parallel zur Tischebene. Nach der Montage der Unterkieferprothese konnte die Oberkieferprothese in den Artikulator übertragen werden.

## Material und Methode

Für die Zuordnung der Oberkieferprothese wurde erneut der zugehörige Memoreg-Schlüssel verwendet( Abb. 4.10). Anschließend wurde das Ausmaß der Bissperrung bestimmt.

Abb.4.10: Montierte Prothesen (hier als Gipsmodelle) mit dem Memoreg-Schlüssel.



### 4.3.3 Plausibilitätskontrolle

In einigen Fällen war es nötig eine Plausibilitätskontrolle vorzubereiten, wenn zum Beispiel der Patient die ermittelte zentrische Position als unangenehm empfand. Zu diesem Zweck platzierte die Zahntechnikerin Blöcke aus Bite-compound im Seitenzahnbereich, die dem Ausmaß der vertikalen Bissperrung entsprachen (Abb.4.11). Dabei sollten die Blöcke nicht breiter als die Okklusionsflächen der Prothesen sein und nur geringe Impression der Höckerspitzen aufweisen.

Abb. 4.11: Bite-compound-Blöcke im Seitenzahnbereich in Vorbereitung auf die Plausibilitätskontrolle.



Die Plausibilitätskontrolle wurden daraufhin am Patienten durch den Behandler 5 durchgeführt, indem die Blöcke auf die Okklusalfächen der Unterkieferprothese platziert wurden und der Patient aufgefordert wurde die ermittelte Schlussbissposition aufzufinden. Fiel es dem Patienten schwer dies durchzuführen oder war ihm die ermittelte Position unangenehm, so wurde die Stützstift-Registrierung einmalig wiederholt. Bei wiederholter Fehlregistrierung hätte dies den Ausschluss aus der Studie bedeutet (ein Ausschluss aus diesem Grund kam in unserer Studie nicht vor).

#### 4.3.4 Messung der Bissperrung

Nach dem die Prothesen einartikuliert wurden, konnte der Registrierschlüssel entfernt und das Ausmaß der Bissperrung, die während der Stützstift-Registrierung erfolgte, durch den Behandler 4 gemessen werden. Hierzu wurde ein Stahllineal (100 Millimeter, Vogel® Germany GmbH und Co. KG, Kevelaer, Deutschland) in der Sagittal-Ansicht hinter die Prothesen in einem Abstand von etwa 2 cm zu diesen, platziert (Abb. 4.12). Als Referenzpunkt diente hierbei die Inzisalkante der vorderen

## Material und Methode

oberen Schneidezähne. Das Lineal und die Frontzähne wurden im rechten Winkel zur Tischebene betrachtet.

Daraufhin wurde der Stützstift soweit heruntergeschraubt bis es zum ersten Kontakt der Okklusalfächen kam. In dieser Position wurde anhand der Millimeter-Skalierung auf dem Lineal das Ausmaß Sperrung ermittelt, welches sich durch die Differenz von Ausgangs- und Endwert ergab (Abb. 4.13).

Abb. 4.12: Position vor dem Absenken. Das Lineal steht im rechten Winkel zur Tischebene.



Abb. 4.13: Position nach dem Absenken. Das Ausmaß der vertikalen Sperrung ergab sich aus dem Anfangs- und Endwert.





Das Ausmaß der vertikalen Änderung wurde bei allen Patienten in die jeweilige Akte dokumentiert. Anschließend wurden die Okklusionsprotokolle nach dem Einartikulieren der Prothesen in die jeweilige Patientenakte übertragen.

Die Untersuchung der Prothesen eines Patienten im Labor wurde jeweils mit demselben Artikulator durchgeführt. Hierzu wurden im Vorfeld die Artikulatoren durchnummeriert und beschriftet.

Nachdem die Modelle bis auf den ersten Okklusionskontakt abgesenkt worden sind, wurde erneut die Okklusion in das Okklusionsmuster der Patientenakte übertragen.

#### **4.3.5 Duplikation der montierten Prothesen**

Anschließend wurden die Prothesen noch vor dem Einschleifen mitsamt des Gipssockels und der Sockelplatte durch die Technikerin dupliert.

Die Modelle wurden hierbei in dafür vorgegebene Kunststoffbehälter mittig positioniert und mit einem dünnfließenden Wirosil® Dubliersilikon (Bego, Bremen, Deutschland) gefüllt. Nach 20-30 Minuten konnten die Prothesen aus den Silikonformen (Abb. 4.14) entnommen werden. Die Silikonformen dienten der Herstellung von Modellpaaren aus Superhart-Gips (GC Fuji Rock ®EP, 5kg, GC Europe N.V., Leuven, Belgien). So konnten beide Übertragungsmethoden an jedem Probanden unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit simuliert werden.

Die Modellmontage wurde durch die Behandler 3 und 4 durchgeführt. Die Modelle wurden, nachdem sie mit Hilfe des Memoreg-Schlüssels einander zugeordnet worden sind, auf den ersten Kontakt abgesenkt und ein Okklusionsprotokoll für beide Varianten in die jeweilige Patientenakte übertragen. Zusätzlich wurde die Kontaktpunktsituation nach dem Absenken der Modelle mit Hilfe von Futar® -Silikon-Registrate (Kettenbach GmbH und Co. KG, Eschenburg, Deutschland) für beide Methoden dokumentiert.

Abb. 4.14: Silikonformen zur Herstellung von Gipsmodellen.



#### 4.3.6 Einschleifen der Prothesen nach dem Absenken

Die Prothesen wurden anschließend so eingeschleifen, dass in der Statik mindestens ein Okklusionskontakt je Seitenzahn bei gleichzeitiger Nonokklusion im Frontzahnbereich bestand. Die dynamische Okklusion sollte dem zuvor dokumentierten klinischen Ausgangsbefund entsprechen.

Nachdem die Prothesen eingeschleifen wurden, konnte das Okklusionsschema in das entsprechende Protokoll übertragen werden. Anschließend wurden die Prothesen von Gips- und Wachsresten befreit und erneut für 10 Minuten in ein Impresept-Bad gelegt. Nach Eingliederung der remontierten Prothesen wurde erneut ein Okklusionsprotokoll am Patienten bestimmt. Bis zur ersten Nachuntersuchung wurden keine weiteren Einschleifmaßnahmen durchgeführt.

#### 4.4 Nachsorge

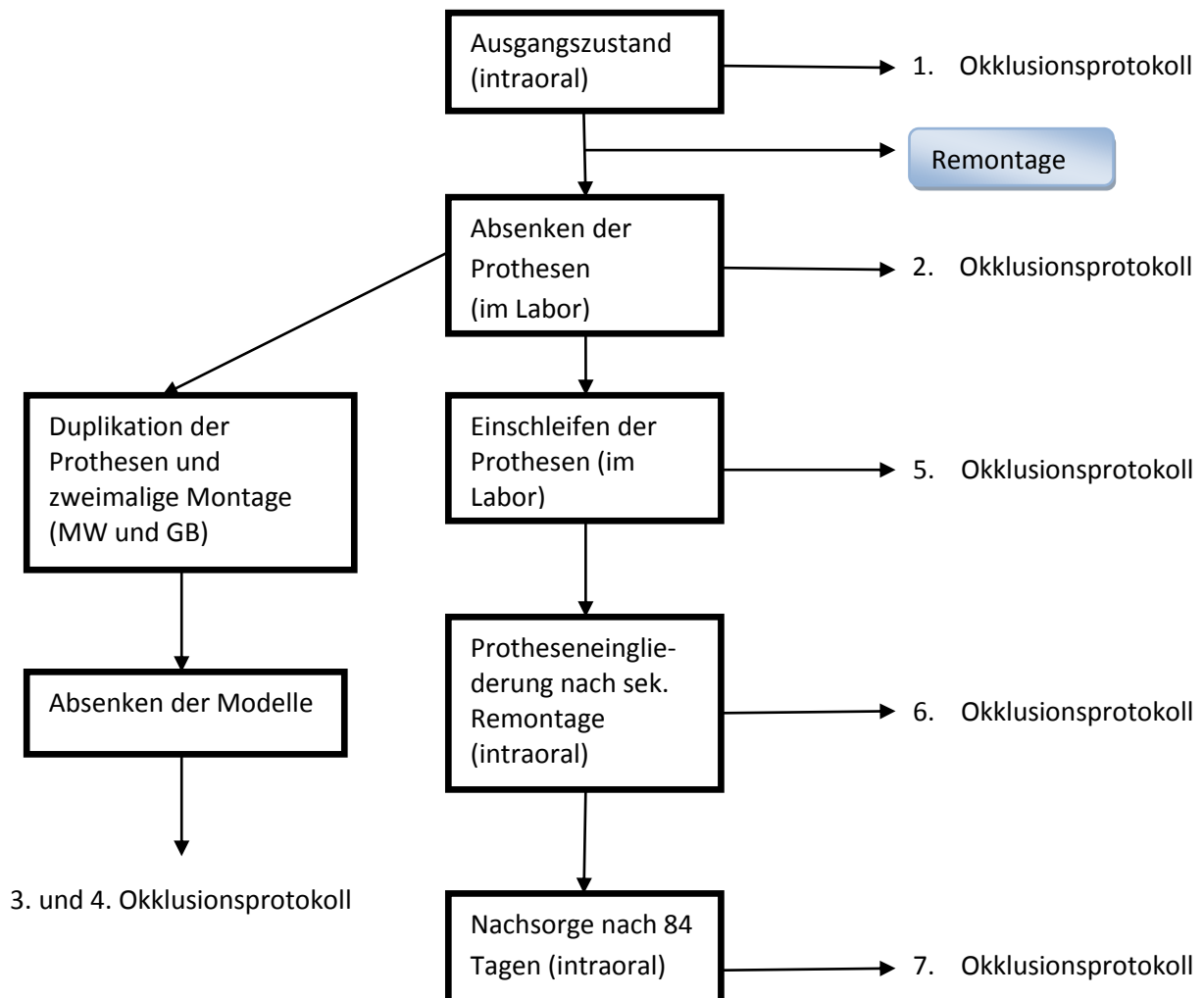
Der Patient wurde gebeten drei Tage nach erfolgter Eingliederung der remonitierten Prothesen zur Nachuntersuchung durch den Behandler 5 in der Zahnklinik zu erscheinen. Dabei wurden die Schleimhautverhältnisse erneut inspiziert und etwaige Veränderungen, wie Druckstellen oder Rötungen in die Patientenakte dokumentiert. Bei Bedarf wurde die Prothesenbasis mit Hilfe einer Komet®-Kunststofffräse (Typ H251ACR.104.060, Gebr. Brasseler GmbH und Co. KG, Lemgo, Deutschland) korrigiert, die Okklusion jedoch nicht verändert. Im Falle erneuter Probleme im Zusammenhang mit den Prothesen sollten sich die Probanden wieder in der Zahnklinik bei dem Behandler 5 vorstellen, wobei diese Konsultationen konsequent in die Akte eingetragen wurden. Hierzu erhielten die Probanden im Vorfeld der Studie ein Informationsschreiben mit allen nötigen Kontaktdaten.

Des Weiteren wurden klinische Nachuntersuchungen, durch den Behandler 5, nach 3 Tagen (T(n)1) und in einem Zeitraum ab Tag 3 bis zum Studienabschluss (T(n)2) durchgeführt. Dabei wurden die Schleimhautverhältnisse untersucht und dokumentiert.

Zusätzlich zu den in Abschnitt 4.1.2 beschriebenen Okklusionsprotokollen wurden die Okklusionskontakte zum Vergleich vor und nach dem Einschleifen der Prothesen durch die Zahntechnikerin im Artikulator aufgezeichnet. Zusammen mit den Okklusionsprotokollen der duplierten Modellpaare im Zustand nach dem Absenken, sowohl für die gesichtsbogenbezogene, als auch für die mittelwertige Modellmontage ergaben sich somit für jeden Patienten insgesamt 7 Okklusionsprotokolle (Abb.4.15). Die Daten der Okklusionsprotokolle nach dem Absenken und Einschleifen der Prothesen im Labor wurden nicht statistisch ausgewertet, alle anderen wurden auf signifikante Unterschiede untersucht.

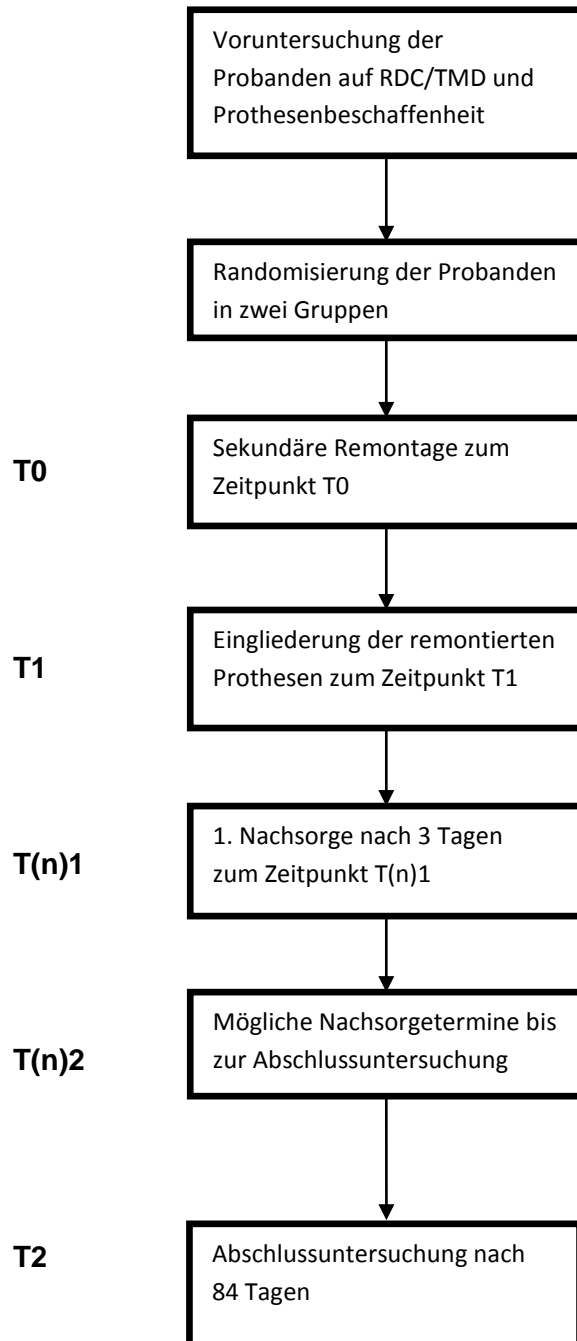
Das Fluss-Diagramm in Abb. 4.16 fasst den zeitlichen Ablauf der einzelnen Behandlungsschritte zusammen.

Abb.4.15: Aufzeichnung der Okklusionsprotokolle im Zusammenhang mit dem technischen Prozedere.



## Material und Methode

Abb. 4.16: Flussdiagramm stellt den zeitlichen Ablauf der einzelnen Behandlungsschritte da.



## 4.5. Auswertung der Registrare

### 4.5.1 Digitalisierung der Registrare

Um die Registrare digitalisieren und somit die Okklusion der duplierten Modellpaare nach dem Absenken im Anschluss an die mittelwertige sowie der gesichtsbogenbasierten Modellmontage untersuchen zu können, wurden diese im Fotolabor des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Charité-Universitätsmedizin zu Berlin fotografiert. Die Registrare wurden jeweils von beiden Seiten abgelichtet, wobei die Zugehörigkeit zu der jeweiligen Übertragungsmöglichkeit auf den Bildern dargestellt war. Die Registrare wurden auf eine Antireflex-Platte, die sich auf einem Leuchttisch (eVision executive, Kaiser) befand, mittig positioniert. Die Platte stand dabei auf 4 kleinen Stützen (5,1 cm oberhalb der Tischplatte). Die Kamera (Canon ® EOS 5D, Canon ®, Tokio, Japan) wurde so an einem zum Leuchttisch gehörigen Halter befestigt, dass sich das Objektiv (OBJ Canon Macro Lens EF 100 mm, 1:2.8-32) parallel zur Tischkante befand und die Registrare nicht verzerrt dargestellt werden konnten. Abbildung 4.17 stellt den Versuchsaufbau dar. Der Abstand der Kamera zur Platte und den Registraren war standardisiert und betrug 51 cm. Die Aufnahmen wurden zweifach überbelichtet durchgeführt. Die Position der Registrare auf der Platte war ebenfalls standardisiert und wurde durch ein Lineal sichergestellt (Abb. 4.18)

## Material und Methode

Abb.4.17: Leuchttisch mit Antireflex-Platten, auf denen die Registrare standardisiert abfotografiert werden konnten.

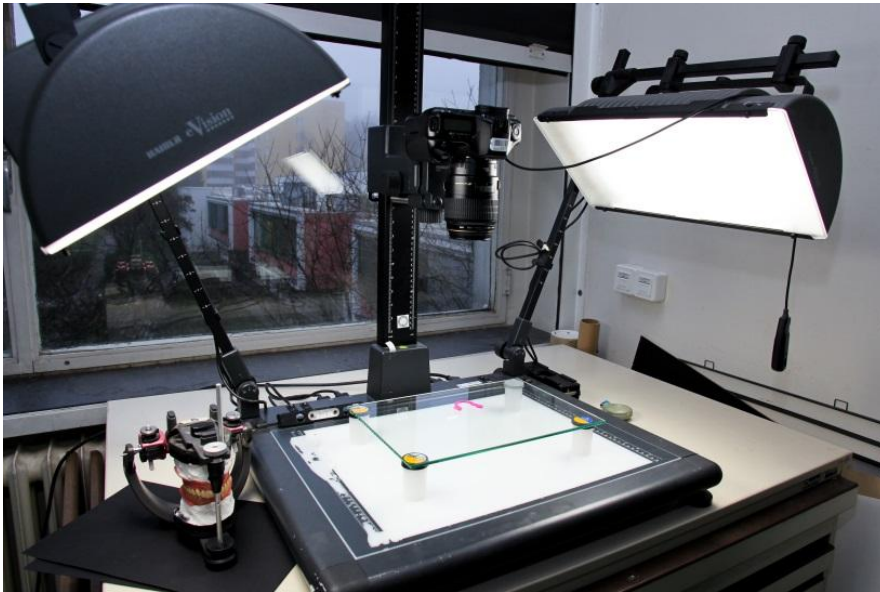


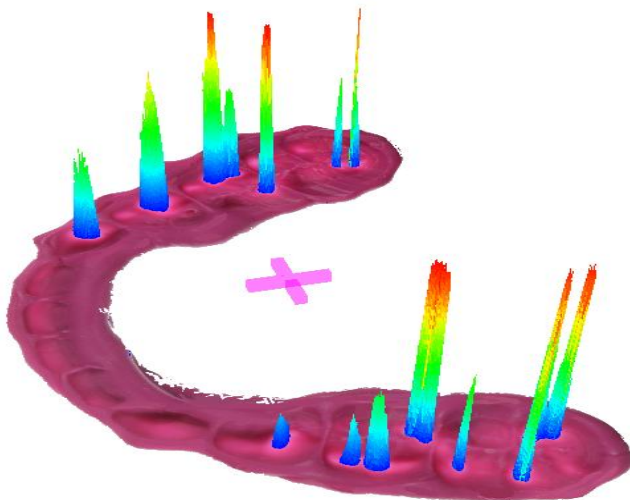
Abb. 4.18: Fotografiertes Registrat. Die Gruppenzugehörigkeit, Ansicht sowie Übertragungsvariante wurde auf dem Bild dokumentiert.



#### 4.5.2 Dokumentation und Auswertung der digitalisierten Registrate

Die Aufnahmen der Registrate konnten anschließend mit Hilfe der „Greifswald Digital Analyzing System“ Software (GEDAS 2 Reader) (Hützen et al. 2006) am Computer bearbeitet und verglichen werden. Zunächst musste jedoch eine Tonwertanpassung (Adobe Photoshop Elements) durchgeführt werden, da zur Auswertung mit Hilfe der Software „GEDAS 2 Reader“ ein Farbspektrum auf der Grundlage weißer Farben erforderlich ist und die verwendete Leuchtplatte grau erschien. Das Programm „GEDAS 2 Reader“ ist dabei so programmiert, dass die hellsten Töne als rot bis gelb und die weniger hellen als grün bis blau im Bild dargestellt werden. Rot bis gelb entspricht dabei festen Kontakten und grün bis blau Schleifkontakten (Abb. 4.19)

Abb. 4.19: „GEDAS 2 Reader“ wurde so programmiert, dass helle Töne als rot bis gelb dargestellt werden. Diese entsprechen festen Kontakten. Weniger helle werden als grün bis blau markiert und weisen auf Schleifkontakte hin.



Anschließend wurde der Schwellenwert für den Helligkeitswert festgelegt. Dabei bedeutet ein geringerer Schwellenwert eine höhere Empfindlichkeit des Programmes für weiß, das heißt, es werden weniger annähernde Kontakte dargestellt.

Dementsprechend würde ausschließlich „durchbrochenes“ Registrat-Material als

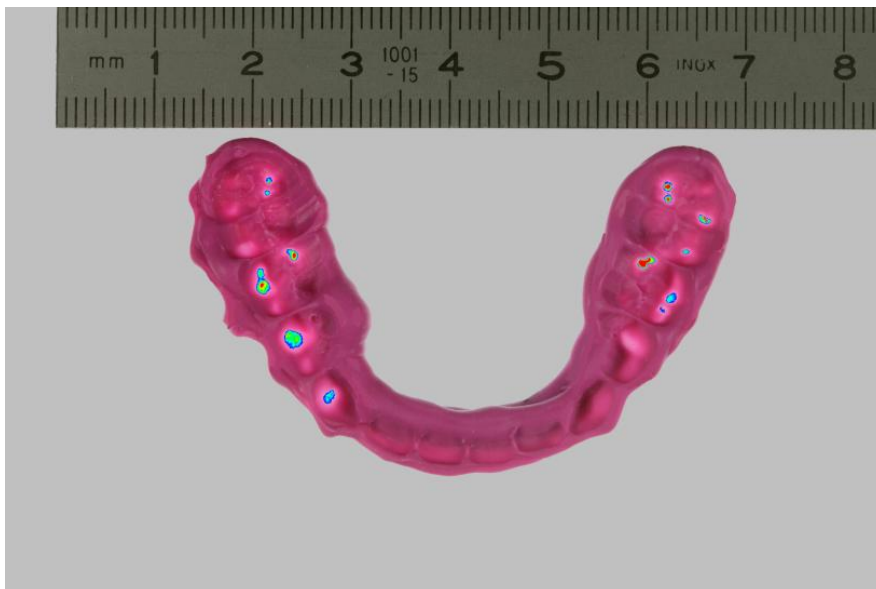


## Material und Methode

weiß erfasst werden. Ist der Schwellenwert jedoch hoch, so ist auch die Empfindlichkeit gegen weiß entsprechend geringer, es wird also mehr „grau“ eingeschlossen, sodass auch mehr Kontakte, vor allem annähernde Kontakte registriert werden können.

Um den Schwellenwert für die Auswertung der Registratrate im Abgleich mit den zuvor dokumentierten Okklusionsprotokollen festlegen zu können, wurde ein Kalibrierungsbiss verwendet, der sich mit den Schwellenwerten 200 und 250 und 300 darstellen ließ (Abb. 4.20-4.22.). In allen Einstellungen wurden die festen Kontakte erkannt, jedoch die annähernden Kontakte unterschiedlich dargestellt. Bei einem Schwellenwert von 300 wurden die annähernden Kontakte breiter und flächiger dargestellt und sind zum Teil verschmolzen. Bei einem Schwellenwert von 200 konnten jedoch sehr wenige annähernde Kontakte registriert werden. Ein Schwellenwert von 250 entsprach eher der zuvor dokumentierten okklusalen Situation der Modelle und wurde entsprechend für die Auswertung und Bearbeitung aller Registrat-Bilder verwendet.

Abb.4.20: Bei einem Schwellenwert von 200 werden nur wenige annähernde Kontakte dargestellt.



## Material und Methode

Abb. 4.21: Bei einem Schwellenwert von 250 sind mehr annähernde Kontakte als in Abb. 4.20 dargestellt und wurde dementsprechend für die Auswertung der restlichen Registratrate verwendet.

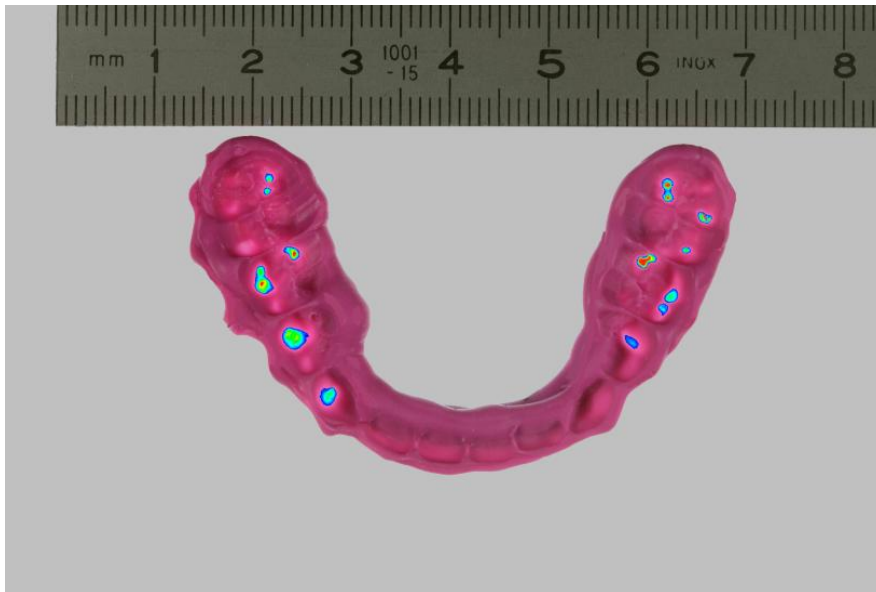
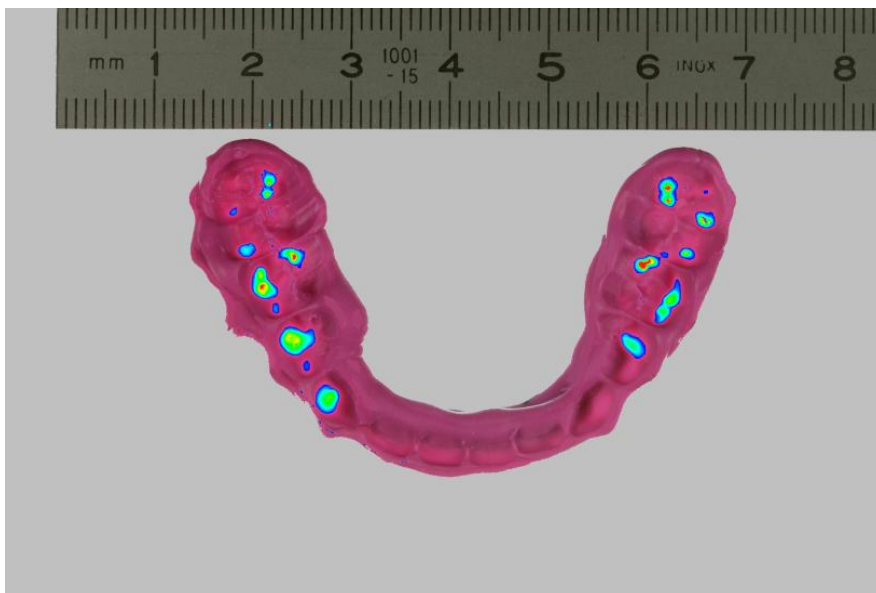


Abb. 4.22: Bei einem Schwellenwert von 300 sind die Kontakte flächiger und verschmelzen teilweise.



Die Kontaktpunkte konnten anschließend ausgezählt und in ein Okklusionsprotokoll übertragen werden.

## **4.6 Statistische Auswertung**

### **4.6.1 Auswertung der Okklusionsprotokolle**

Sowohl die klinisch untersuchten, als auch die im Labor dokumentierten Okklusionskontakte wurden ausgezählt und in dem Computerprogramm IBM SPSS 20 (SPSS Software, München, Deutschland) erfasst und so der statistischen Auswertung zugeführt. Ein Unterschied wurde dann als statistisch signifikant definiert, wenn die Wahrscheinlichkeit  $p$  für sein Auftreten kleiner oder gleich der kritischen Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  von 5 % war ( $p \leq 0,05$ ). Hierfür wurde der F-Test verwendet (erlaubt nach Kolmogorov-Smirnow-Test auf Normalverteilung)

Bei der Auszählung der Okklusionskontakte wurde dabei zwischen Front- und Seitenzahnkontakten unterschieden. Zusätzlich wurde das Ausmaß der vertikalen Sperrung bei jedem Patienten notiert und im verwendeten Computerprogramm dokumentiert.

Die Diagramme wurden sowohl in Microsoft Excel, als auch im IBM SPSS 20 erstellt.

#### **4.6.1.1 Auswertung der klinischen Okklusion**

Bei der Auswertung der klinischen Okklusionskontakte wurde nicht zwischen festen Kontakten und Schleifkontakten unterschieden. Die Kontakte wurden hierbei in Front- und Seitenzahnkontakten unterteilt betrachtet. Zusätzlich sollte die Gesamtzahl der in Okklusion stehenden Zähne beider Gruppen verglichen werden. Die klinischen Kontaktpunkte wurden auf signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen zum Zeitpunkt T0, T1 und T2 untersucht. Für die statistische Auswertung der klinischen Kontaktpunkte wurde der F-Test ( $p \leq 0,05$ ) verwendet (erlaubt nach Kolmogorov-Smirnow-Test auf Normalverteilung).

#### **4.6.1.2. Auswertung der Modellkontaktpunkte mit Hilfe der digitalisierten Registrare**

Da es sich um die Registrare duplizierter Modelle handelte, ergaben sich zwei identische Gruppen mit jeweils 32 Modellpaaren, von denen 31 ausgewertet wurden, die sich lediglich durch die Methode der Modellmontage unterschieden. Es wurde die mittlere Anzahl der Okklusionskontakte sowie der an der Okklusion beteiligten Front- und Seitenzähne nach dem Absenken der Modelle bestimmt und auf signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen untersucht. Zur Bestimmung der p-value wurde das bootstrapping angewandt. Zudem konnte der F-Test ( $p \leq 0,05$ ) verwendet werden.

Die Okklusionskontakte wurden an Hand der farblichen Markierung, die durch die „Greifswald Digital Analyzing System“ Software (GEDAS 2 Reader) erfolgte, in feste Kontakte sowie Schleifkontakte differenziert.

#### **4.6.1.3 Einfluss der Sperrung auf die Modellokklusion**

Es sollte der Einfluss der vertikalen Sperrung auf Verteilung der in Okklusion stehenden Zähne an Hand der duplizierten Modellpaare gemessen werden. Hierfür wurde die Methode der linearen Regression angewandt und das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  verwendet. Dabei sollte eine mögliche Korrelation zwischen, zum einen der vertikalen Sperrung und den Kontaktpunkten und zum anderen der vertikalen Sperrung in Verbindung mit der Methodenzugehörigkeit und der Verteilung der Kontaktpunkte ermittelt werden. Der Cochran-Mantel-Haenszel-Test ( $p \leq 0,05$ ) wurde zur Beurteilung der Beziehung zwischen der Sperrung und der Kontaktanzahl in beiden Methoden angewandt.

#### **4.6.2 Auswertung der Nachsorge**

Es wurden von jedem Probanden für den Zeitpunkt  $T(n)0$  (Studienbeginn),  $T(n)1$  (Tag 3) und  $T(n)2$  (Zeitraum Tag 3 bis Studienabschluss) alle vorkommenden Druckstellen, die eine zahnärztliche Intervention benötigten, (Umschlagfalte/Kieferkamm) in den Patientenakten dokumentiert. Eventuell auftretende Druckstellen zum Zeitpunkt  $T(n)0$  wurden nicht entfernt, um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Verbesserung/Verschlechterung der Schleimhautverhältnisse und der Methoden untersuchen zu können. Es sollte ein möglicher Zusammenhang zwischen der Nachsorge und der Gruppenmethode untersucht werden. Diese erfolgte rein deskriptiv.

## 5 Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Modellauswertungen sowie der klinischen Kontaktpunkte unter Berücksichtigung folgender Parameter dargestellt:

1. Mittlere Anzahl der klinischen Kontaktpunkte pro Zahn sowie der Zähne in Kontakt in Abhängigkeit von der Gruppenzuordnung und Zeitpunkt der Untersuchung (T0-T2)
2. Anzahl der nach dem Absenken der Modelle vorkommenden Zähne in Kontakt in Abhängigkeit von der Gruppenzuordnung. Des Weiteren wurde die mittlere Anzahl der Kontakte, unterteilt nach Schleifkontakten und festen Kontakten an Hand der Modellauswertung in beiden Gruppen untersucht.
3. Einfluss der vertikalen Sperrung auf die Kontaktsituation der Modelle. Zusätzlich wurde die Beziehung zwischen der Sperrung und der Anzahl in Kontakt stehender Seiten- beziehungsweise Frontzähne in Abhängigkeit von der Gruppenzuordnung untersucht.
4. Ausmaß der klinischen Nachsorge in Abhängigkeit von der Gruppenzuordnung

### 5.1 Zusammensetzung der Probandengruppen

Insgesamt wurden 44 Probanden (14 Männer, 30 Frauen) voruntersucht, von denen 9 Probanden (1 Mann, 8 Frauen) aufgrund von craniomandibulären Dysfunktionen (4 Probanden mit Osteoarthrose im Kiefergelenk, 4 Probanden mit myofaszialen Schmerzen, 1 Probandin litt sowohl an Osteoarthrose, als auch unter myofaszialen Schmerzen), 2 Probandinnen wegen fehlerhafter Prothesen und 1 Proband aufgrund mangelhafter Compliance im Vorfeld aus der Studie ausgeschlossen wurden. Die teilnehmenden 32 Probanden wurden auf zwei gleichgroße Gruppen aufgeteilt und anschließend remontiert. 1 Proband (81 Jahre) wurde aufgrund eines fehlerhaften Registrates, welches infolge fehlender Compliance nicht wiederholt werden konnte, noch vor Studienabschluss aus der Studie ausgeschlossen.

## Ergebnisse

Eine weitere Probandin (76 Jahre) konnte aufgrund des Bedarfs der Unterfütterung nicht bis zum Abschluss der Studie untersucht werden. Bis zum Abschluss nahmen somit in der Gesichtsbogengruppe (Gruppe A) 14 Probanden (12 Frauen, 2 Männer, 44-93 Jahre) und 16 Probanden (7 Frauen, 9 Männer, 62-98 Jahre) in der Mittelwertgruppe (Gruppe B) an der Studie teil (Tab. 5.1)

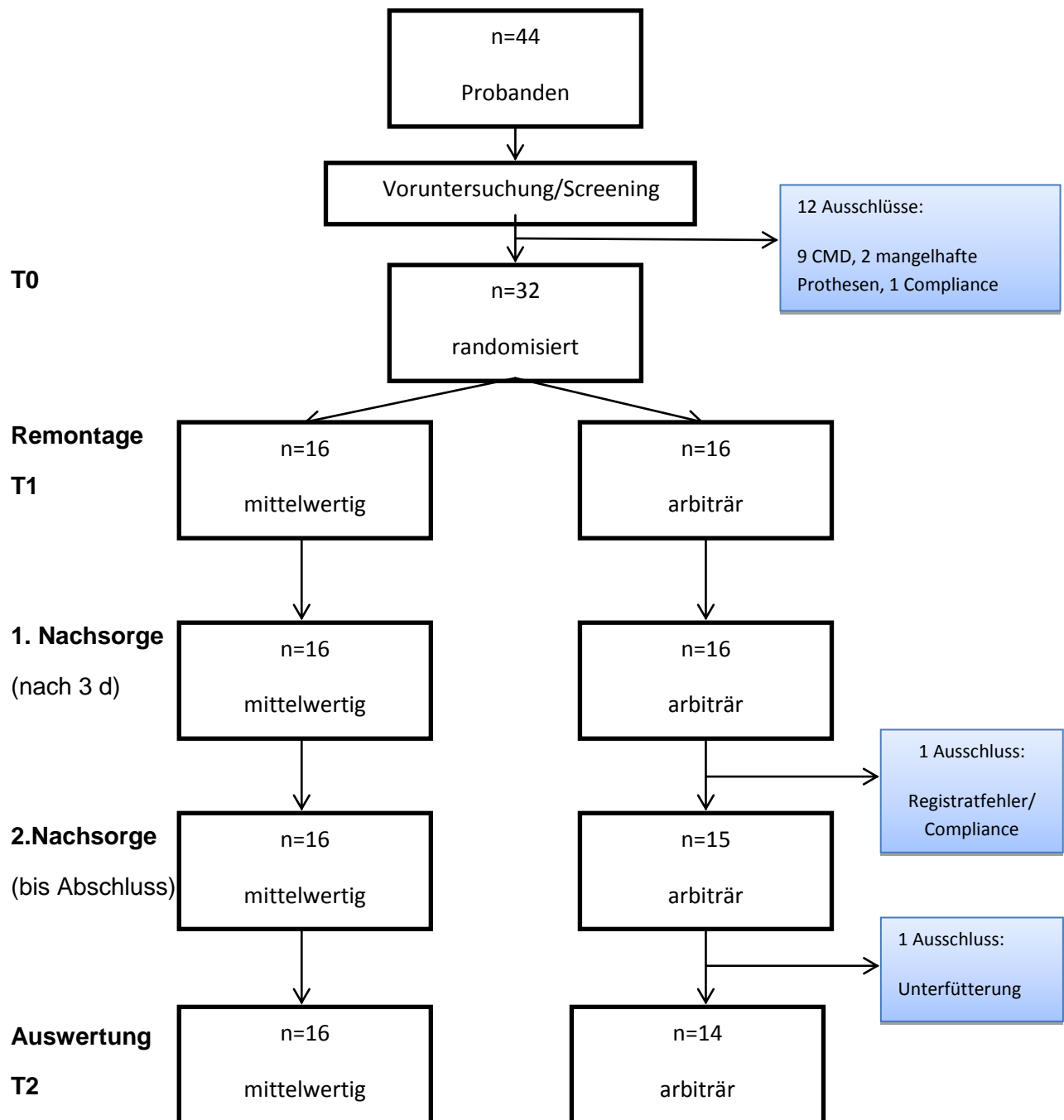
Tab. 5.1: Zusammenfassung demographischer Parameter aller teilnehmender Probanden gruppenabhängig zusammengefasst.

|                         | <b>Modellmontage</b>       |                        |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|
|                         | <b>Mittelwertig (n=16)</b> | <b>Arbiträr (n=16)</b> |
| <b>Alter</b>            | 62-98                      | 44-93                  |
| <b>Geschlecht (w/m)</b> | 7/9                        | 13/3                   |
|                         | <b>Studienabschluss</b>    |                        |
|                         | <b>Mittelwertig (n=16)</b> | <b>Arbiträr (n=14)</b> |
| <b>Geschlecht (w/m)</b> | 7/9                        | 12/2                   |

Die Abbildung 5.1 stellt ein Fluss-Diagramm zum zeitlichen Ablauf der Untersuchung und der daran teilnehmenden Probanden sowie der Gründe des Ausschlusses dar.

## Ergebnisse

Abb. 5.1: Dargestellt sind der Ablauf der Untersuchung sowie der Probandenzusammenstellung und der Gründen des Ausschlusses im zeitlichen Verlauf mit Hilfe eines Fluss-Diagrammes.





## 5.2 Ergebnisse der statistischen Auswertung

### 5.2.1 Ergebnisse der klinischen Kontaktsituation

Die klinischen Okklusionskontakte wurden nicht als feste Kontakte und Schleifkontakte differenziert betrachtet. Die Kontakte wurden in Front- und Seitenzahnkontakten unterteilt ausgezählt. Zusätzlich sollte die Gesamtzahl der Okklusionskontakte beider Gruppen verglichen werden. Da sich die Prothesen der Probanden in beiden Methoden-Gruppen in der Anzahl der aufgestellten Seitenzähne unterschieden (in Gruppe A und B lagen zu Studienbeginn jeweils 5 Totalprothesen mit 8 Seitenzähnen vor, die Prothesenzähne wurden bis zum Zahn 17 beziehungsweise 27 aufgestellt, die restlichen Prothesen wiesen hingegen nur 6 Seitenzähne auf), wurden jeweils die Mittelwerte aus der Anzahl der Kontaktpunkte je Front- beziehungsweise Seitenzahn ermittelt und auf signifikante Unterschiede in beiden Gruppen untersucht.

In der nachstehenden Tabelle 5.2 sind die Anzahl der klinischen Kontaktpunkte pro Zahn sowie die Anzahl der Zähne, die mindestens einen Okklusionskontakt aufweisen, zu den verschiedenen Zeiträumen zusammengefasst. Die Zähne in Kontakt sowie die klinischen Kontaktpunkte pro Zahn, die nach Front- und Seitenzähnen geordnet sind, befinden sich in der linken Spalte. Die weiteren Spalten stellen Mittelwerte, Konfidenzintervalle (95% CI) und p-Werte der untersuchten Parameter zu den Zeiträumen T0, T1 und T2 dar.

## Ergebnisse

Tabelle 5.2: Zusammenfassung der Anzahl der klinischen Kontaktpunkte pro Zahn sowie der Zähne in Kontakt. (Anzahl Probanden: T0 (n\_GB: 16, n\_MW:16), T1(n\_GB:16, n\_MW:16), T2 (n\_GB:14, n\_MW:16) Bemerkung: GB=Gesichtsbogen, MW=Mittelwertig

Es lassen sich zu keinem Zeitpunkt signifikanten Unterschiede bezüglich der mittleren Kontaktanzahl pro Seiten- bzw. Frontzahn beider Gruppen erkennen. Ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der mittleren Anzahl der in Kontakt stehender Zähne liegt zum Zeitpunkt T2 zu Gunsten der MW-Methode vor.

| Klinische Okklusionskontakte |         |      |               |       |      |               |       |      |               |       |
|------------------------------|---------|------|---------------|-------|------|---------------|-------|------|---------------|-------|
| Zahnbereich                  | Methode | T0   |               |       | T1   |               |       | T2   |               |       |
|                              |         | Mean | 95%CI         | P     | Mean | 95%CI         | p     | Mean | 95%CI         | p     |
| Kontaktzahl<br>Seitenzähne   | MW      | 0,67 | 0,57-<br>0,77 | 0,448 | 0,54 | 0,43-<br>0,66 | 0,695 | 0,87 | 0,86-<br>1,06 | 0,589 |
|                              | GB      | 0,62 | 0,52-<br>0,72 |       | 0,57 | 0,46-<br>0,69 |       | 0,8  | 0,57-<br>1,02 |       |
| Kontaktzahl<br>Frontzähne    | MW      | 0,08 | 0,01-<br>0,16 | 0,821 | 0,1  | 0,0-<br>0,21  | 0,323 | 0,26 | 0,1-<br>0,42  | 0,579 |
|                              | GB      | 0,09 | 0,03-<br>0,16 |       | 0,05 | 0,01-<br>0,09 |       | 0,2  | 0,05-<br>0,35 |       |
| Zähne in<br>Kontakt          | MW      | 6,06 | 5,25-<br>6,88 | 0,716 | 5,5  | 4,28-<br>6,72 | 0,718 | 7,13 | 5,49-<br>8,31 | 0,042 |
|                              | GB      | 5,88 | 5,15-<br>6,6  |       | 5,25 | 4,44-<br>6,06 |       | 5,31 | 3,93-<br>6,7  |       |

Es lässt sich erkennen, dass sich die Anzahl der Kontakte pro Zahn im Seitenzahnbereich zu keinem Zeitpunkt signifikant in den untersuchten Gruppen unterscheidet (T0 (p=0,448), T1 (p=0,821), T2 (p=0,716)). Die Anzahl der Kontaktpunkte nimmt in beiden Gruppen vom Zeitpunkt T0 zu T1 ab und steigt dann zum Zeitpunkt T2 über den Ausgangswert an.

Analog dazu ergeben sich auch für die klinischen Kontakte pro Zahn im Frontzahnbereich zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen den beiden Methoden (T0 (p=0,821), T1 (p=0,323), T2 (p=0,579)). Auch in diesem Fall verringert sich die Anzahl der Kontaktpunkte pro Zahn von den Ausgangswerten zum Zeitpunkt T1 und steigt dann zum Zeitpunkt T2 wieder an.

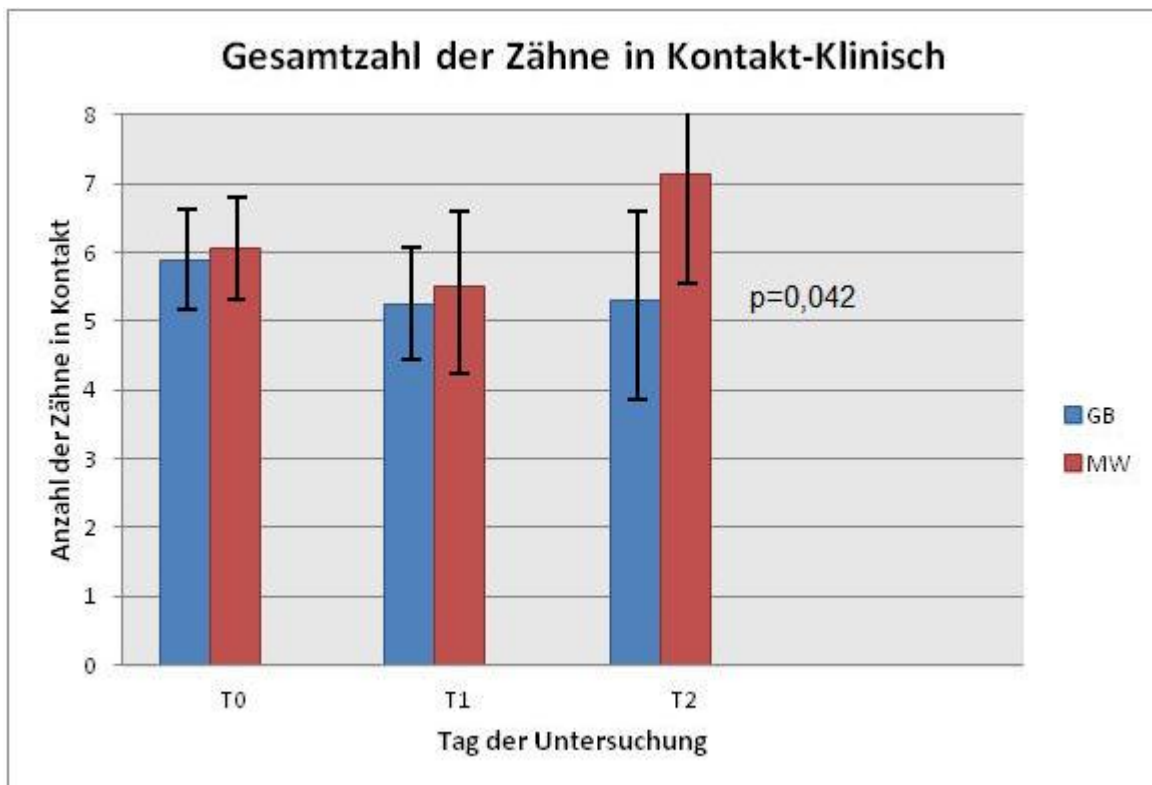
In Abb. 5.2 sind die Mittelwerte aller Zähne, die in Kontakt stehen, methodenabhängig zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten zusammengefasst. Die Werte nehmen ausgehend vom Zeitpunkt T0 zum Zeitpunkt T1 in beiden Gruppen ab. In der Mittelwert-Gruppe nimmt die Anzahl der Zähne in Kontakt mit 7,13 zum Zeitpunkt T2 wieder zu und erreicht einen größeren Wert als zum Zeitpunkt T0 (6,06). In der Gesichtsbogengruppe steigt dieser Wert ebenfalls

## Ergebnisse

von 5,25 vom Zeitpunkt T1 auf 5,31 zum Zeitpunkt T2 an. Der Ausgangswert von 5,88 wird nicht überschritten.

Die Werte beider Gruppen unterscheiden sich zum Zeitpunkt T0 ( $p=0,716$ ) und T1 ( $p=0,718$ ) nicht signifikant voneinander. Zum Zeitpunkt T2 liegt ein signifikanter Unterschied von  $p=0,042$  vor.

Abb. 5.2 :Darstellung der klinischen Anzahl der in Kontakt stehenden Zähne. Es liegt ein signifikanter Unterschied beider Gruppen zum Zeitpunkt T2 vor ( $p=0,042$ ). Es gibt keine Signifikanzen zu den Zeitpunkten T0 und T1.



Die Abb. 5.3-5.5 fassen die klinische, mittlere Kontaktanzahl je Zahn in beiden Methoden-Gruppen zu den unterschiedlichen Untersuchungszeiträumen graphisch zusammen. Dabei werden jeweils die Okklusionskontakte auf den Zähnen des Oberkiefers (17-27) betrachtet. Die Unterschiede sind bezüglich der untersuchten Methoden bei keiner Zahnposition signifikant verschieden.

## Ergebnisse

Abb.5.3: Darstellung der durchschnittlichen Kontaktanzahl pro Zahn (klinisch). Die Unterschiede sind bezüglich der Methode zum Zeitpunkt T0 in keiner Zahnposition signifikant.

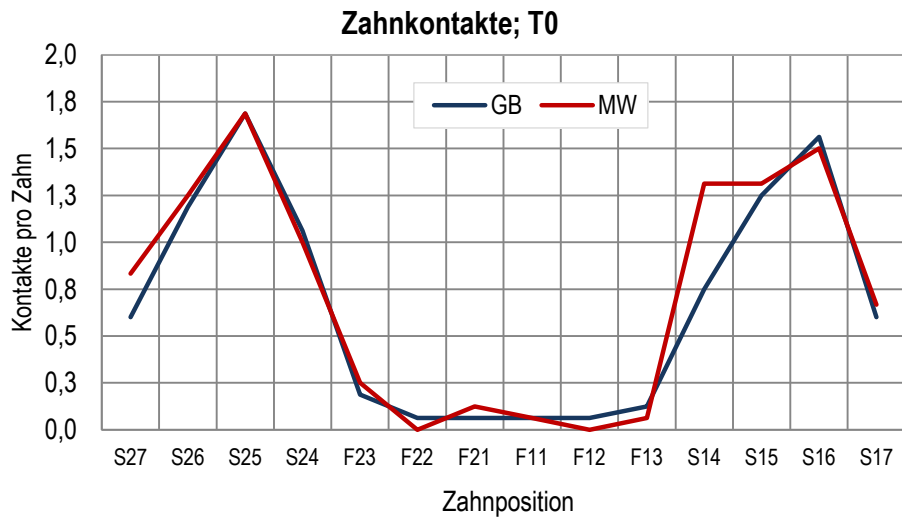
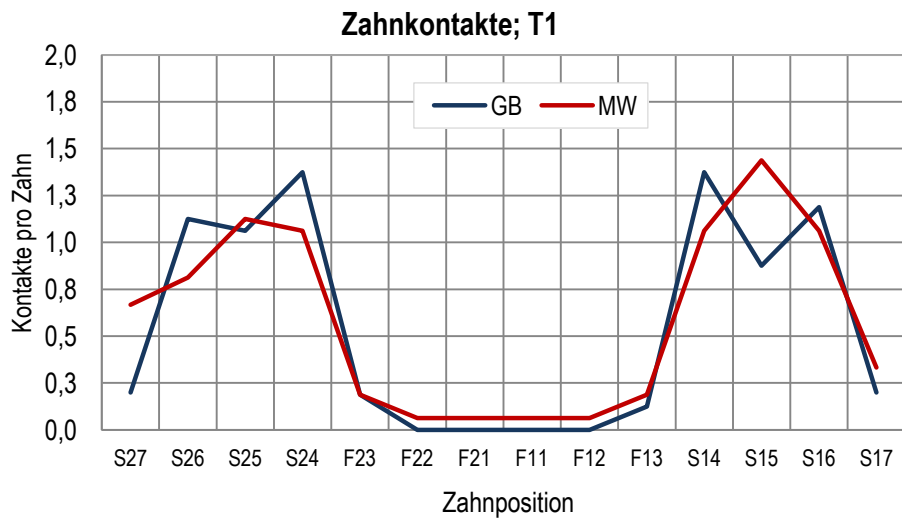
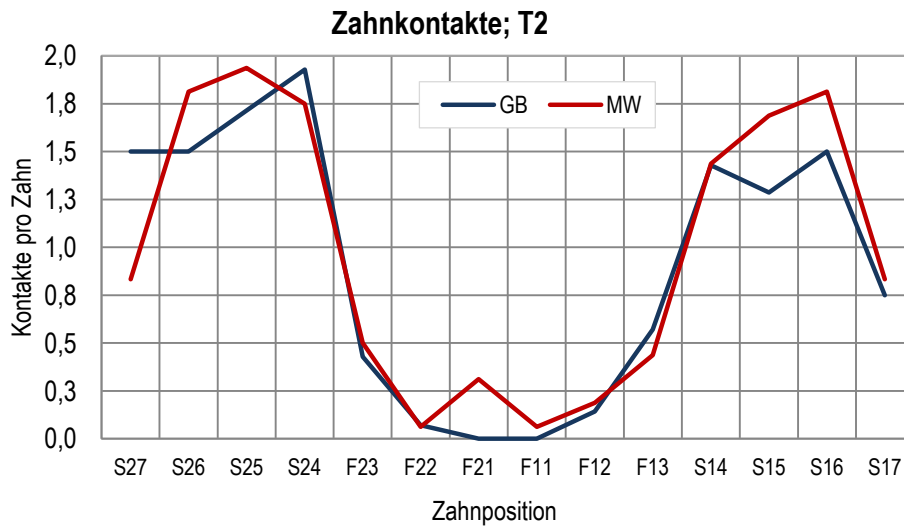


Abb.5.4: Darstellung der durchschnittlichen Kontaktanzahl pro Zahn (klinisch). Die Unterschiede sind bezüglich der Methode zum Zeitpunkt T1 in keiner Zahnposition signifikant.



## Ergebnisse

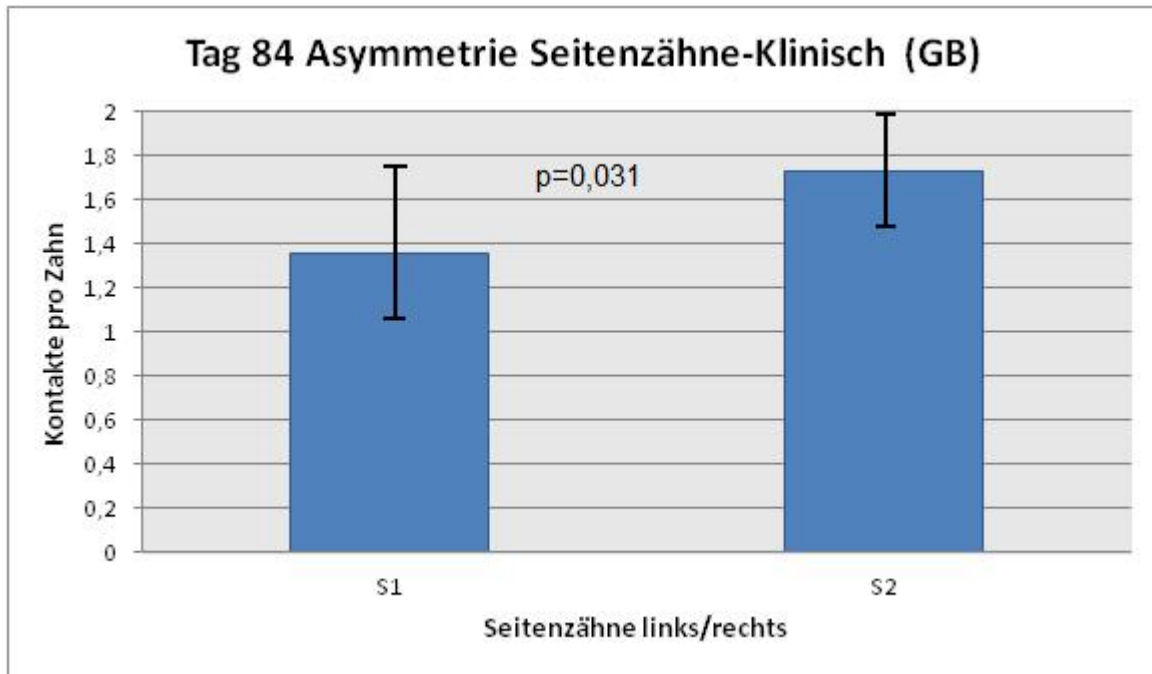
Abb.5.5: Darstellung der durchschnittlichen Kontaktanzahl pro Zahn (klinisch). Die Unterschiede sind bezüglich der Methode zum Zeitpunkt T2 in keiner Zahnposition signifikant.



In der Abb. 5.6 ist zu erkennen, dass sich die Anzahl der Kontaktpunkte pro Zahn innerhalb der Gesichtsbogengruppe zum Zeitpunkt T2 im Seitenzahnbereich signifikant unterscheidet. So weisen die Zähne 17-14 (S1) mit durchschnittlich 1,357 Kontakten pro Zahn signifikant weniger Kontakte auf als die Zähne 27-24 (S2) mit durchschnittlich 1,726 Kontakten pro Zahn ( $p= 0,031$ ).

## Ergebnisse

Abb. 5.6: Darstellung der klinischen, mittleren Kontaktpunktzahl auf den Seitenzähnen der Gesichtsbogengruppe zum Zeitpunkt T2. Es liegen signifikant mehr Kontakte pro Zahn im Bereich der Zähne S1 (17-14) als im Bereich S2 (27-24) vor ( $p=0,031$ ).



### 5.2.2 Ergebnisse der Modellauswertung

Für die Auswertung der Okklusionskontakte nach dem Absenken der Modelle ergaben sich, aufgrund der Prothesenduplikation zwei gleich große Gruppen ( $n_{GB}$ : 31,  $n_{MW}$ :31, ein Modellpaar konnte aufgrund eines fehlerhaften Registrates nicht verwendet werden), die sich lediglich in der Methode der Modellmontage unterschieden. Aufgrund der Duplikation differenzieren sich beide Gruppen hinsichtlich der Anzahl der aufgestellten Zähne nicht voneinander.

Die Daten zu den Modellkontakten sind in der Tab. 5.3 zusammengefasst. In der linken Spalte ist die mittlere Anzahl der Kontakte nach festen Kontakten, Schleifkontakten und Gesamtkontakten geordnet sowie nach der Anzahl der Zähne (Front- und Seitenzähne und alle Zähne), die mindestens einen Okklusionskontakt aufweisen. In den restlichen Spalten befinden sich die Mittelwerte, Konfidenzintervalle (95% CI) sowie die p-Werte zu den untersuchten Parametern.

## Ergebnisse

Tab. 5.3: Zusammenfassung der Ergebnisse zu der Modellauswertung. Es sind die Anzahl der Kontaktpunkte (feste Kontakte, Schleifkontakte, alle Kontakte, alle Frontzahnkontakte) sowie der in Kontakt stehenden Zähne (alle Zähne, Front- und Seitenzähne) gelistet. Anzahl der Probanden (n\_GB: 31, n\_MW:31). Bemerkung: GB=Gesichtsbogen, MW= Mittelwertig

Nach dem Absenken der Modelle weist die GB-Gruppe hinsichtlich der Anzahl der mittleren Frontzahnkontakte sowie der mittleren Anzahl in Kontakt stehenden Frontzähne signifikant höhere Werte auf. Auch die Anzahl aller in Kontakt stehender Zähne ist in der GB-Gruppe signifikant erhöht.

| Modellkontakte            |         |      |           |         |
|---------------------------|---------|------|-----------|---------|
| Kontakte                  | Methode | mean | 95% CI    | p-value |
| Feste Kontakte            | MW      | 2,97 | 2,41-3,52 | 0,156   |
|                           | GB      | 3,29 | 2,74-3,84 |         |
| Schleifkontakte           | MW      | 3,1  | 1,95-4,24 | 0,1     |
|                           | GB      | 3,94 | 2,7-5,17  |         |
| Alle Kontakte             | MW      | 6,06 | 4,69-7,44 | 0,13    |
|                           | GB      | 7,23 | 5,77-8,68 |         |
| Alle Kontakte (Frontzahn) | MW      | 0,1  | 0,03-0,17 | 0,005   |
|                           | GB      | 0,4  | 0,2- 0,6  |         |
| Anzahl aller Zähne        | MW      | 3,03 | 2,48-3,59 | 0,027   |
|                           | GB      | 3,9  | 3,19-4,62 |         |
| Anzahl der Frontzähne     | MW      | 0,1  | 0,02-0,17 | 0,007   |
|                           | GB      | 0,37 | 0,19-0,56 |         |
| Anzahl der Seitenzähne    | MW      | 1,82 | 1,51-2,13 | 0,428   |
|                           | GB      | 2,02 | 1,64-2,39 |         |

Die Modelle aus der Gesichtsbogengruppe weisen nach dem Absenken mehr Kontakte, sowohl Schleifkontakte und feste Kontakte, als auch bezogen auf die Gesamtzahl der Kontakte auf, als die der Mittelwert-Gruppe. Es besteht zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Okklusionskontakte, weder im Bezug auf die festen Kontakte ( $p=0,156$ ), noch auf die der Schleif- ( $p=0,1$ ) und Gesamtkontakte ( $p=0,13$ )

Die Anzahl der nach dem Absenken der Modelle in Kontakt stehenden Zähne ist in der Abb. 5.7 zusammengefasst. Insgesamt weisen die Modelle der Gesichtsbogengruppe nach dem Absenken mehr Kontakte auf, als die der Mittelwertgruppe. Sowohl in der Anzahl aller Zähne ( $p=0,027$ ), die mindestens einen Kontakt vorweisen, als auch in der Anzahl der in Kontakt stehenden Frontzähne ( $0,007$ ) liegen signifikante Unterschiede vor. Die Anzahl der in Kontakt stehenden Seitenzähne unterscheidet sich nicht signifikant ( $p=0,428$ ).

In Abb. 5.8 ist die mittlere Anzahl der Frontzahnkontakte dargestellt. In der Gesichtsbogengruppe kommen im Mittel 0,4 Frontzahnkontakte nach dem Absenken

## Ergebnisse

vor und somit signifikant ( $p=0,005$ ) mehr als in der Mittelwert-Gruppe mit durchschnittlich 0,1 Frontzahnkontakten.

Abb.5.7: Darstellung der in Kontakt stehenden Front- und Seitenzähne sowie der Anzahl aller Zähne, die nach dem Absenken der Modelle in Kontakt stehen. Beide Gruppen unterscheiden sich bezüglich der in Kontakt stehenden Frontzähne ( $p=0,007$ ) sowie der Gesamtzahl der in Kontakt stehenden Zähne ( $p=0,027$ ) signifikant. Hinsichtlich der in Kontakt stehenden Seitenzähne liegen keine signifikanten Unterschiede vor ( $p=0,428$ ).

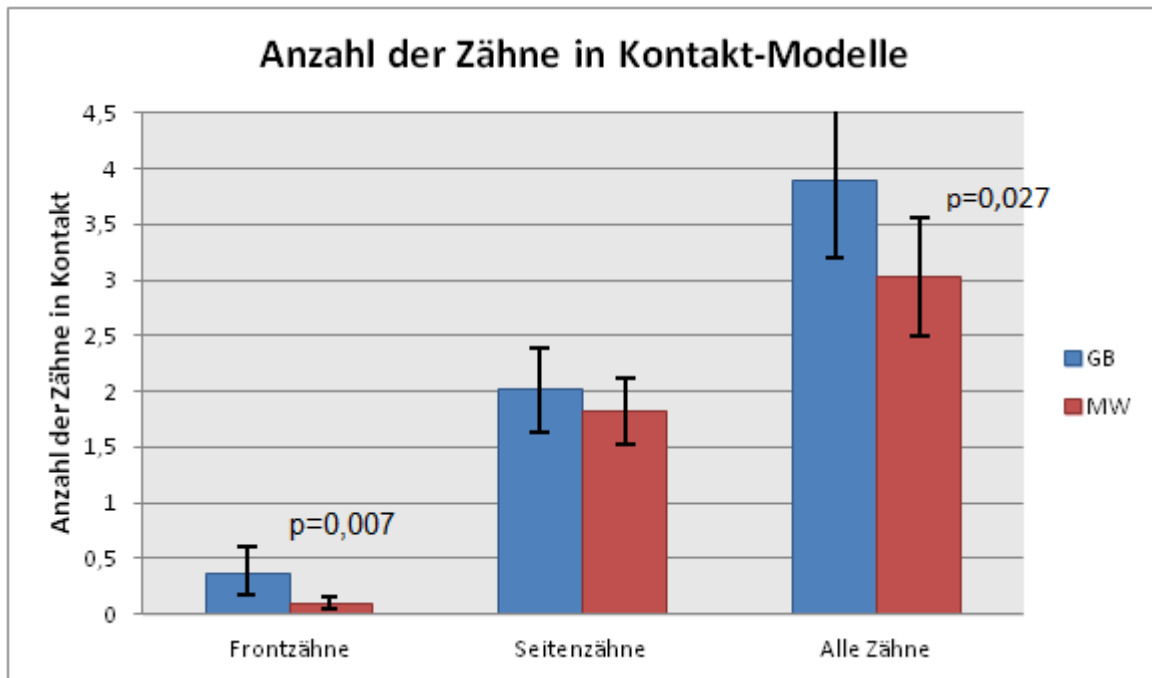
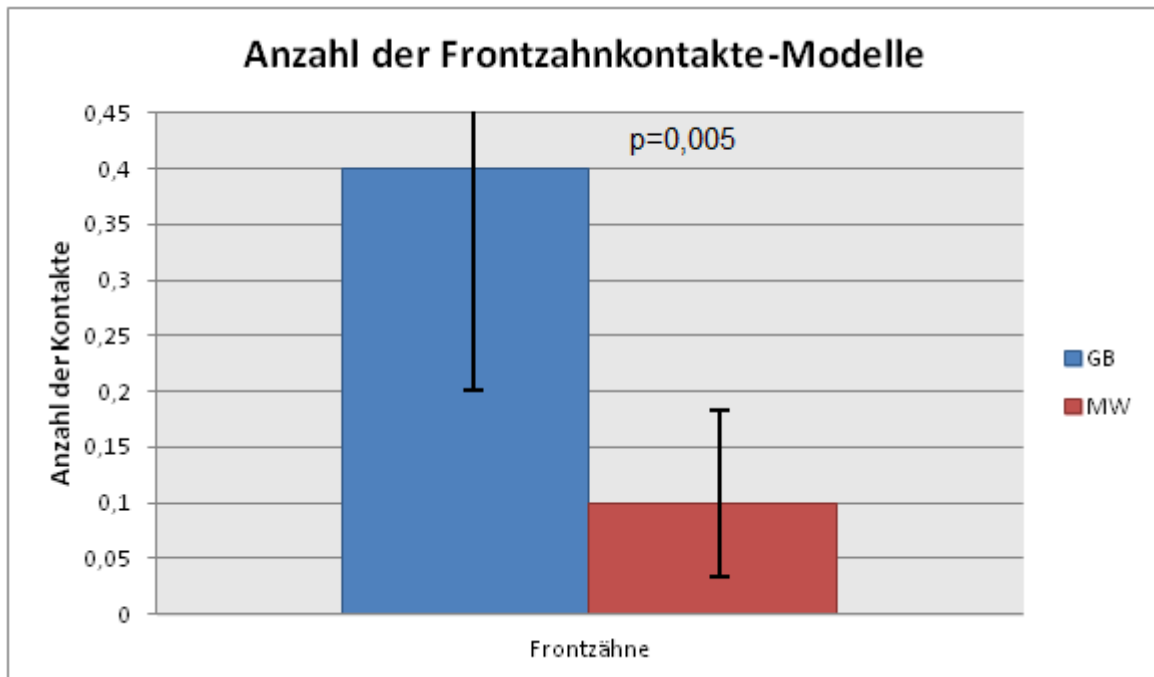




Abb. 5.8: Darstellung der mittleren Anzahl an Frontzahnkontakten nach dem Absenken. Der Unterschied zwischen beiden Methodengruppen ist signifikant ( $p=0,005$ ).



### 5.2.3 Einfluss der vertikalen Sperrung auf die Modellkontakte

Der Einfluss der vertikalen Sperrung auf die Kontaktsituation aller Modellpaare ( $n=62$ , sowohl GB und MW) nach dem Absenken wurde mit Hilfe des linearen Regressionsmodelles untersucht. Dabei sollte ein möglicher Zusammenhang der vertikalen Sperrung mit der Anzahl der Seitenzähne, die nach dem Absenken mindestens einen Kontakt aufwiesen, dargestellt werden.

In Tab. 5.4 sind die vertikalen Sperrungen, die im Vorfeld der sekundären Remontage durchgeführt wurden, zusammengefasst. Das Ausmaß der Sperrung variiert bezüglich der untersuchten duplierten Modellpaare ( $n=62$ ) von 2,0- 10,0 mm, wobei im Durchschnitt 4,89 mm gesperrt werden musste. Da es sich um duplierte Modellpaare handelte, war dementsprechend das Ausmaß der durchschnittlichen vertikalen Sperrung in beiden Gruppen gleich.

## Ergebnisse

Tab 5.4: Ausmaß der Sperrung in beiden Gruppen und deren Häufigkeit. Im Durchschnitt wurde 4,89 mm gesperrt. Bemerkung: N= Anzahl der Probanden

| Ausmaß der vertikalen Sperrung und deren Vorkommen |     |   |   |     |    |     |    |   |   |   |    |
|--|-----|---|---|-----|----|-----|----|---|---|---|----|
| Sperrung<br>(in mm)                                | 1,5 | 2 | 3 | 3,5 | 4  | 4,5 | 5  | 6 | 7 | 8 | 10 |
| N  | 2   | 2 | 4 | 4   | 14 | 4   | 18 | 6 | 2 | 2 | 4  |

Die Korrelation zwischen der Sperrung und den Kontaktpunkten beider Gruppen wurde mit dem Bestimmtheitsmaß  $R^2$  verdeutlicht. In der Tab. 5.5 sind die  $R^2$ -Werte für den Einfluss der Sperrung auf die Gesamtzahl der in Kontakt stehenden Seitenzähne sowie für den Einfluss der Sperrung und der Gruppenzuordnung auf die Gesamtzahl der in Kontakt stehenden Seitenzähne zusammengefasst.

Außerdem wurde der Einfluss der Sperrung auf die gesamten Okklusionskontakte beider Gruppen dargestellt.

Tab.5.5: Es besteht nur eine schwache Korrelation zwischen der Anzahl in Kontakt stehender Seitenzähne und der Sperrung. Auch die Gruppenzuordnung als zusätzliche Variable erhöht den  $R^2$ -Wert nur geringfügig. Die gesamten Okklusionskontakte korrelieren nur gering mit dem Ausmaß der Sperrung.

| Einfluss der Sperrung auf die Modellkontakte                      |       |
|---|-------|
| Untersuchte Parameter   | $R^2$ |
| Zusammenhang Seitenzähne in Kontakt und Sperrung                  | 0,001 |
| Zusammenhang Seitenzähne in Kontakt und Sperrung+Gruppenzuordnung | 0,006 |
| Zusammenhang Kontakte gesamt (Front und Seitenzahn) und Sperrung  | 0,017 |

Es lässt sich erkennen, dass lediglich 0,1% ( $R^2=0,001$ ) der in Kontakt stehenden Seitenzähne beider Gruppen durch die Sperrung erklärt werden können.

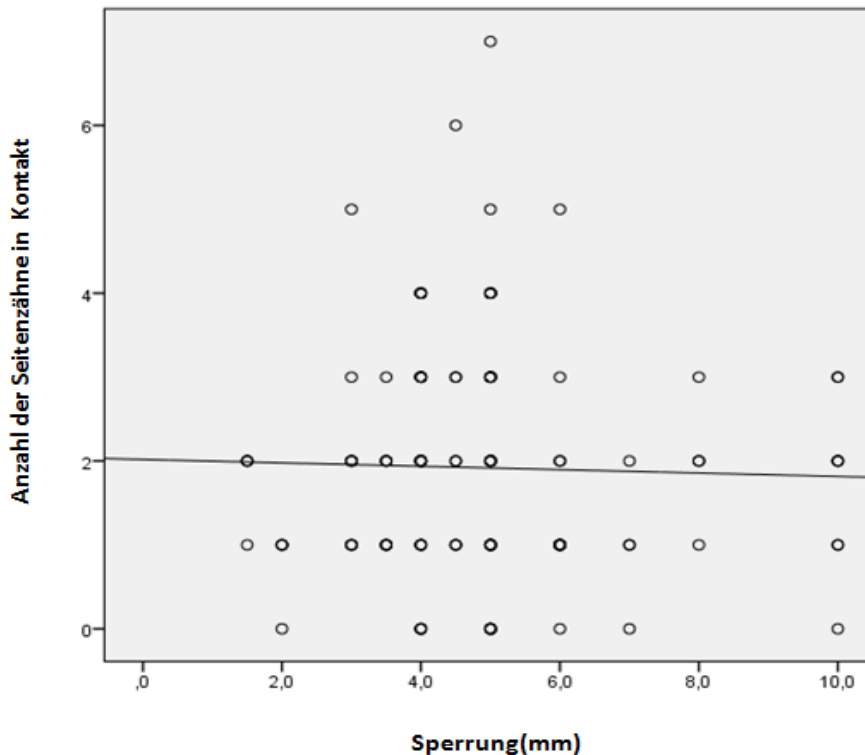
Es liegt somit eine geringe Korrelation zwischen der Sperrung und den Seitenzähnen, die mindestens einen Kontakt nach dem Absenken der Modelle aufweisen, vor. Die Gruppenzuordnung als zusätzliche Variable zur Sperrung erhöht den  $R^2$ -Wert geringfügig auf 0,6%. und scheint als zusätzlicher Parameter ebenfalls keinen großen Einfluss auf die Kontaktsituation im Seitenzahnbereich zu haben. So korrelieren die mittlere Anzahl der in Kontakt stehenden Seitenzähne, sowohl in der Mittelwert-, als auch in der Gesichtsbogengruppe in gleicher Weise schwach mit dem Ausmaß der Sperrung. Des Weiteren lässt sich erkennen, dass die Sperrung 1,7%

## Ergebnisse

der gesamten Okklusionskontakte (Front- und Seitenzahn) erklärt, die Korrelation zwischen beiden Variablen ist dementsprechend gering.

Die Abb. 5.9 zeigt die mittlere Anzahl der in Kontakt stehenden Seitenzähne beider Gruppen in Abhängigkeit von der Sperrung. Es liegt kein linearer Zusammenhang zwischen der Sperrung und den Kontakten beider Gruppen vor. Die Werte der Seitenzahnkontakte in Abhängigkeit von der Sperrung streuen stark um die Regressionsgerade,  $R^2$  ist mit 0,1% dementsprechend niedrig.

Abb. 5.9: Dargestellt ist die mittlere Anzahl der Seitenzähne mit mindestens einen Kontakt in Abhängigkeit von der vertikalen Sperrung (beide Gruppen). Die Werte streuen stark um die Regressionsgerade, Sperrung und Anzahl der Zähne korrelieren nur schwach miteinander ( $R^2$  Linear=0,001).



Unter Abschnitt 5.1.2 wurde dargestellt, dass der Unterschied in der mittleren Anzahl der Frontzahnkontakte zwischen beiden Methodengruppen hochsignifikant ist ( $p=0,005$ ). An dieser Stelle sollte mit Hilfe des Cochran-Mantel-Haenszel-Test der Einfluss der Sperrung auf die Frontzahnkontakte in beiden Gruppen untersucht werden. Da in unserer Studie im Durchschnitt 4,89 mm gesperrt wurde, wurde eine Grenze von 5 mm angesetzt. Dementsprechend konnten beide Gruppen in „Sperrung bis 5 mm“ und „Sperrung über 5 mm“ unterteilt und die vorkommenden Frontzahnkontakte innerhalb beider Methodengruppen betrachtet werden.

## Ergebnisse

Ziel war es den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Frontzahnkontakte (in den Untergruppen „Sperrung bis 5 mm“ und „Sperrung über 5 mm“) und der Sperrung zu untersuchen. Es sollte die Frage beantwortet werden, ob die Frontzahnkontakte in beiden Gruppen in gleicher Weise von der Sperrung beeinflusst wurden beziehungsweise, ob der signifikante Unterschied der Frontzahnkontakte mit dem Ausmaß der Sperrung erklärt werden kann. Die Beziehung zwischen Sperrung und Kontaktanzahl in den untersuchten Methoden unterscheiden sich nicht signifikant ( $p=0,2463$ ). Das Ausmaß der Sperrung erklärt den signifikanten Unterschied in der Anzahl der Frontzahnkontakte aus Abschnitt 5.1.2 zwischen beiden Gruppen nicht.

### 5.2.4 Ausmaß der klinischen Nachsorge

In Tab. 5.6 und 5.7 wird der prozentuale Anteil der Probanden, die zu den Untersuchungszeitpunkten T(n)0 (Studienbeginn), T(n)1 (3 Tage nach sekundärer Remontage) und T(n)2 (Zeitraum bis Studienabschluss) mindestens eine Druckstelle im Bereich der Umschlagfalte beziehungsweise des Kieferkammes aufwiesen, dargestellt. Tab. 5.5 soll hierbei den Einfluss der Stützstift-Registrierung und Tab. 5.6 den Einfluss der Übertragungsmethode auf die Nachsorge untersuchen.

Tab. 5.6: Prozentualer Anteil aller Probanden, die zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten mindestens eine Druckstelle (Umschlagfalte/Kieferkamm) aufwiesen.

| Zeitpunkt | Anteil Probanden [%] |
|-----------|----------------------|
| T(n)0     | 61.3                 |
| T(n)1     | 35.5                 |
| T(n)2     | 35.4                 |

Tab. 5.7: Prozentualer Anteil der Probanden nach Gruppen geordnet, die zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten mindestens eine Druckstelle (Umschlagfalte/Kieferkamm) aufwiesen

| Zeitpunkt | Gruppe | Anteil Probanden [%] |
|-----------|--------|----------------------|
| T(n)0     | MW     | 56.3                 |
|           | GB     | 66.7                 |
| T(n)1     | MW     | 37.5                 |
|           | GB     | 33.3                 |
| T(n)2     | MW     | 37.6                 |
|           | GB     | 33.4                 |

## Ergebnisse

In beiden Tabellen lässt sich erkennen, dass das Vorkommen von Druckstellen zu Beginn der Untersuchung am höchsten war und 3 Tage nach der sekundären Remontage um etwa ein Drittel gesunken ist. Zum Zeitpunkt T(n)2 bleibt dieser Wert annähernd konstant.

In der Gesichtsbogen- beziehungsweise Mittelwertgruppe bleiben die Werte mit 33,3 % beziehungsweise 37,5% zum Zeitpunkt T(n)1 auch nach 84 Tagen mit 33,4% beziehungsweise 37,6% nahezu unverändert. Auch lässt sich erkennen, dass zu Beginn der Untersuchung in der Mittelwertgruppe prozentual weniger Probanden an Druckstellen litten, als in der Gesichtsbogengruppe. Zum Zeitpunkt T(n)1 und T(n)2 sind hingegen mehr Probanden der Mittelwertgruppe betroffen.

## **6 Diskussion**

### **6.1 Patienten und Methode**

#### **6.1.1 Patientenauswahl**

Um vergleichbare Gruppen zu erzielen, wurde bei der Auswahl der Probanden und der dazugehörigen Totalprothesen auf deren Gesundheitszustand (alle Patienten waren ohne craniomandibuläre Dysfunktion) beziehungsweise auf die Funktion und Beschaffenheit der Prothesen geachtet. Insgesamt wurden 2 Probanden infolge fehlerhafter Prothesen und 9 Probanden aufgrund bestehender craniomandibulärer Dysfunktionen im Vorfeld aus der Studie ausgeschlossen. So konnte sichergestellt werden, dass die zu untersuchenden Okklusionskontakte vergleichbar waren und nicht durch craniomandibuläre Dysfunktionen sowie fehlerhaften Totalprothesen beeinflusst wurde.

So untersuchten Freesmeyer et al. (1984) in einer klinischen Studie zwei Registriersysteme zur Darstellung der Kiefergelenksbewegung und erkannten, dass die Schwankungen in der Bewegungsberechnung während der Aufzeichnungen der Bewegungsabläufe bei Gelenkgesunden geringer waren als bei Probanden mit klinischen Symptomen einer Koordinationsstörung.

Stiesch-Scholz et al. (2006) verglichen in einer In-vivo-Studie die Reproduzierbarkeit der Aufzeichnung funktioneller Parameter bei gesunden Probanden mit denen von Patienten die an craniomandibulären Dysfunktionen litten über einen Zeitraum von zwei Wochen. In der Gruppe der CMD-Probanden ergab sich unter anderem eine signifikant geringere Reproduzierbarkeit bei der Aufzeichnung der Kondylenbahnneigung und des Bennett-Winkels. Als mögliche Erklärung hierfür wird ein Mangel an muskulärer Koordination und der Positions- und Strukturveränderung des Discus articularis sowie des Bandapparates angenommen (Stiesch-Scholz et al. 2006).

Andere Autoren wiesen zudem einen signifikanten Einfluss von Muskelschmerzen auf die Aufzeichnung des Gotischen Bogens im Vergleich zur Kontrollgruppe nach (Obrez und Stohler 1996).

So wurden bereits in vorausgegangenen klinischen Studien, in denen der Gesichtsbogen untersucht wurde, craniomandibuläre Dysfunktionen als Ausschlusskriterium definiert (Kawai et al. 2005; Schwahn und Kordaß 1997; Heydecke et al. 2008; Cunha et al. 2013).

Im Laufe der Studie wurde eine Probandin angesichts des Bedarfs der Prothesen-Unterfütterung aus der Studie ausgeschlossen, da sich die veränderte Totalprothese aufgrund der Schleimhaut-Resilienz zunächst wieder hätte einlagern müssen (Chauhan et al. 2012).

### **6.1.2 Vertikale Sperrung mit Hilfe der sekundären Remontage**

Um den Einfluss der Sperrung auf die Kontaktpunktsituation nach dem Absenken der Prothesen beziehungsweise der duplierten Modelle zu untersuchen, wurden alle Prothesen mit Hilfe der Stützstift-Registrierung sekundär remontiert und das Ausmaß der Sperrung für jeden Probanden dokumentiert. Es wird angenommen, dass eine direkte Proportionalität zwischen dem Ausmaß der vertikalen Sperrung und dem okklusalen Fehler besteht (Craddock und Symmons 1952; Sörgel 1978).

#### **6.1.2.1 Sekundäre Remontage**

Die gelenkbezügliche Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer in zentrischer Relation wird mit zentrischen Registraten durchgeführt (Staeble 1983). Dabei können sowohl zentrale Stützstift-Registrate, als auch Streifen- und Plattenregistrare unter anderem aus Wachs und Kunststoff verwendet werden.

Firtell et al. (1987) untersuchten den Nutzen der Remontage zum Zeitpunkt der Eingliederung neuer Totalprothesen an 30 Probanden. Nach einer Woche zeigte sich, dass in der Gruppe in der die klinische Remontage durchgeführt wurde, signifikant weniger Druckstellen auftraten als in der Vergleichsgruppe. Des Weiteren verringerte sich die Anzahl der Kontaktpunkte nach einer Woche signifikant in der Gruppe, in der die Remontage nicht durchgeführt wurde.

## Diskussion

Hinsichtlich der Druckstellenverringering kommen auch Shigli et al. (2008) in einer In-vivo-Studie zu diesem Ergebnis.

In der In-vivo-Studie von Atashram und Dashti (2009) wird ebenfalls ein Vorteil der klinischen Remontage verdeutlicht. Bei 25 von 31 Totalprothesenträgern, bei denen okklusale Interferenzen vorlagen, wurde keine Remontage durchgeführt. Es lag ein signifikanter Zusammenhang zwischen der klinischen Remontage und den okklusalen Interferenzen vor. Jedoch nutzen weniger als 5% der Zahnärzte die klinische Remontage im Artikulator um okklusale Diskrepanzen zu eliminieren (Harrison et al. 1990).

In unserer Studie konnte dargestellt werden, dass drei Tage nach der sekundären Remontage der prozentuelle Anteil aller Probanden, die mindestens eine Druckstelle aufwiesen, von anfänglich 61,3 % auf 35,5 % sank. Dieses Ergebnis deckt sich mit den genannten Untersuchungen von Firtell et al. (1987) und Atashram und Dashti (2009).

So sehen Chauhan et al. (2012) den Nutzen der Remontage darin, Ungenauigkeiten, die während der klinischen und im Labor gefertigten Behandlungsschritte durchgeführt wurden, zu korrigieren.

Aufgrund der Schleimhautresilienz ist das intraorale Einschleifen der Okklusion ungenauer als die Remontage der Prothesen, bei der diese im Artikulator eingeschliffen werden (Chauhan et al. 2012; Ansari 1996). Die Registrierung der zentrischen Scharnierachsenposition, die während der sekundären Remontage durchgeführt wird, ist daher erforderlich um Zahnersatz im okklusalen Bereich exakt kontrollieren zu können (Utz et al. 1992). Dabei können okklusale Interferenzen als das Fehlen simultan bilateral auftretender Kontakte der Seitenzähne in zentrischer Relation definiert werden (Atashrazm und Dashti 2009). Eine Beseitigung dieser bereits zum Zeitpunkt der Protheseneingliederung kann, obwohl zeitintensiv, das Wohlbefinden des Patienten auf längere Zeit steigern (Jankelson 1962; Holt 1977).

Zur Registrierung der zentrischen Relation mit Hilfe der Pfeilwinkeltechnik beziehungsweise eines Stützstift-Registrates wurden in unserer Studie die Totalprothesen verwendet, auf gesonderte Registrierschablonen wurde bewusst verzichtet. Utz et al. (1991) weisen darauf hin, dass schlecht sitzende Autopolymerisatschablonen gegenüber den fertigen Prothesenbasen bei der



Aufzeichnung des Pfeilwinkels zu ungenaueren Ergebnissen bezüglich der Reproduzierbarkeit führen könnten. Die Stützstift-Registrierung wurde der Schluck- sowie der Handbissnahme vorgezogen, da sie eine sichere und gut reproduzierbare Methode bei der Remontage von Vollprothesen darstellt (Koller et al. 1983; Utz et al. 1991). Utz et al. (1993) weisen jedoch auch darauf hin, dass aufgrund der niedrigen Empfindungsschwelle von 200 bis 400  $\mu\text{m}$  bei Totalprothesenträgern bezüglich der interokklusalen Tastsensibilität die Registrierung mit Hilfe der Handbissnahme bei der Versorgung der Totalprothesen in den meisten Fällen ausreicht.

Es wird eher die Einstellung der zentrischen Kondylenposition mit Hilfe einer Pfeilwinkelregistrierung empfohlen und weniger mit Bisswällen, da diese die Zuordnung der Kiefer in zentrischer Kondylenposition ungünstig beeinflussen würden (Gausch 1970).

Bei der Registrierung der Zentrik in unserer Untersuchung wurde im Bereich der Pfeilspitze verschlüsselt, da diese Position am reproduzierbarsten ist (Helkimo et al. 1973). Zudem wird diese Methode der Zentrik-Bestimmung als am praktikabelsten beschrieben (Jones 1962).

Des Weiteren wurde der Unterkiefer der Probanden in unserer Studie passiv mitgeführt, das heißt durch die Hand des Behandlers. So führt die Aufzeichnung des Pfeilwinkels unter Handführung des Behandlers zu einer besseren Reproduzierbarkeit (Helkimo et al. 1973). Die Befürchtung, eine Verschlüsselung auf der Pfeilwinkelspitze nach geführter Aufzeichnung führe zu einer forcierten Unterkieferhaltung bei den remontierten Prothesen bestätigen Utz et al. (1991) nicht.

### **6.1.3 Auswahl des Gesichtsbogens**

Für die gesichtsbogenbasierte Modellmontage der Totalprothesen wurde bei jedem Patienten ein arbiträrer Gesichtsbogen angewandt. Die arbiträre Gesichtsbogenübertragung ist eine weitläufig akzeptierte Möglichkeit der Bestimmung der arbiträren Scharnierachse und wesentlich schneller und einfacher durchzuführen als die Lokalisation der kinematischen Scharnierachse (Teteruck und Lundeen 1966; Simpson et al. 1984).

## Diskussion

Ihre Genauigkeit wird als ausreichend angesehen (Ahlers 1996). In der durchgeführten Untersuchung wurde ein konventioneller Ohr-Gesichtsbogen (PROTAR 7 / digma, KaVo, Biberach/Riß, Deutschland) verwendet. Dieser wurde nach der Frankfurter Horizontalen ausgerichtet. Anders als beim Gesichtsbogen vom Facia-Typ, bei dem die arbiträren Referenzpunkte nach anatomischen Oberflächen-Kennzeichen, basierend auf durchschnittlichen Messwerten ausgewählt werden, bestimmt man beim Ohr-Gesichtsbogen die arbiträren Referenzpunkte durch das Einführen mechanischer Hilfsmittel in die äußeren Gehörgänge (Gold und Setchell 1983). Somit sollte gewährleistet werden, dass die posterioren Referenzpunkte bei allen Probanden in gleicher Weise übertragen wurden und nicht von den Markierungen und Palpationen der Kiefergelenke durch den Behandler abhängig waren. So wird in der Literatur auf Ungenauigkeiten bei der Markierung der arbiträren Scharnierachse auf der Haut hingewiesen (Thorp et al. 1978).

Bei der Untersuchung der Reliabilität eines arbiträren Gesichtsbogens stellen Bowley et al. (1992) fest, dass der größte Fehler während der Modellmontage durch die Bestimmung der posterioren Referenzpunkte entsteht. Choi et al. (1999) untersuchten die Reliabilität eines Ohr-Gesichtsbogens und fanden heraus, dass bei mehrfacher Modellmontage kaum signifikante Fehler bezüglich der Lageverschiebung erzeugt werden und in etwa der Größenordnung der Untersuchungen von Bowley et al. (1990; 1992) entsprechen.

Eine ähnliche Aussage machen Gold und Setchell (1983), die die Reproduzierbarkeit von drei verschiedenen Gesichtsbögen (kinematisch, Facia-Typ, Ohr-Gesichtsbogen) untersuchten. Auch hier kamen sie zu dem Ergebnis, dass es keine signifikanten Lageänderungen der montierten Modelle innerhalb der untersuchten Gesichtsbogenübertragungen gab.

Da der Ohr-Gesichtsbogen in der heutigen Zahnmedizin eher Zuspruch findet im Vergleich zum Gesichtsbogen von Facia-Typ (Ahlers 1996; Ellis et al. 1992) und der Tatsache, dass der Ohr-Gesichtsbogen, wie in den genannten Studienergebnissen (Choi et al. 1999; Gold und Setchell 1983) beschrieben, keine signifikanten Veränderungen der Oberkiefer-Position im Vergleich zu den aufwändigeren und weniger reliablen Methoden erzielt, wurde dieser Gesichtsbogen-Typ in unserer Studie verwendet.

### 6.1.3.1 Literaturdiskussion zur Anwendung des Gesichtsbogens

In der Wissenschaftlichen Mitteilung der „Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e. V. (DGPro)“ (Morneburg et al. 2010) wird der Vorteil der gesichtsbogenvermittelten Positionierung der Modelle in den Artikulator darin gesehen, dass im Rahmen des Herstellungsprozesses indirekter Restaurationen eine Minimierung der Fehler bei der Gestaltung der statischen sowie dynamischen Okklusionskontakte erzielt wird und eine damit verbundene Reduktion des zahnärztlichen Arbeitsaufwandes durch gering gehaltene okklusale Anpassungsmaßnahmen. Jedoch liegen in der Literatur nur wenige klinische Studien vor, die den Nutzen des Gesichtsbogens beurteilen konnten, sodass die Forderung nach randomisierten klinischen Studien, die die praktischen Konsequenzen in qualitativer und zeitlicher Hinsicht untersuchen, groß ist (Morneburg et al. 2010). So führte Hugger et al. (2001) sowohl eine computerunterstützte Literaturrecherche (Medline, Zeitraum 1966 bis 2000), als auch eine umfangreiche Handsuche durch, um das Ausmaß der verfügbaren Evidenz im Hinblick auf den Nutzen der Gesichtsbogenanwendung zur Klärung der unterschiedlichen Auffassung zu bestimmen. Unter den 155 Publikationen, die sich mit dem Gesichtsbogen befassen, konnte nur eine Publikation im Sinne einer klinischen Studie von Kubrak (1998) gewertet werden, die den Nutzen der Gesichtsbogenanwendung im Rahmen der Totalprothetik untersuchte und im Studiendesign eine Therapie- und eine Kontrollgruppe vorsah. Die Angaben zum genauen Studien-Aufbau waren jedoch zu ungenau und können daher zur Beantwortung der Frage nach dem Evidenzniveau der Gesichtsbogen-Anwendung nicht herangezogen werden.

Darüber hinaus weisen Hugger et al. (2001) auf eine Longitudinal-Studie aus dem Jahre 1969 (Hickey et al. 1969) hin. In dieser randomisiert klinischen Studie wurden Totalprothesen für zwei Studiengruppen mit jeweils 32 Probanden hergestellt. Dabei wurden die Prothesen zum einen mit Hilfe einer Standard-Methode, bei der auf die Gesichtsbogenübertragung und der Herstellung intraoraler Exzentrik-Registrate verzichtet wurde, und zum anderen mit Hilfe einer erweiterten Behandlungstechnik, bei der zusätzlich der Gesichtsbogen und eine individuelle Scharnierachsenbestimmung stattgefunden haben, hergestellt. Die Patienten wurden

## Diskussion

an Folgeterminen, die über einen Zeitraum von 5 beziehungsweise 10 Jahren verliefen, unter anderem bezüglich des Tragekomforts und der Zufriedenheit befragt. Des Weiteren wurden klinische Parameter, wie beispielsweise das Kauvermögen, untersucht. Die Ergebnisse wurden zwischen 1979 (Ellinger et al. 1979; Nicol et al. 1979) und 1981 (Sabes et al. 1981) beziehungsweise 1984 (Tuncay et al. 1984) veröffentlicht. Es konnte dargelegt werden, dass weder die eine, noch die andere Methode der Totalprothesenherstellung, bezüglich der untersuchten Parameter signifikant überlegen war.

In einer weiteren umfangreichen Literatur-Recherche aus dem Jahre 2013 (Farias-Neto et al. 2013) wurden elektronische Datenbanken (PubMed/MEDLINE, Latin American and Caribbean Literature on the Health Science, and Brazilian Bibliography of Dentistry) nach randomisiert klinischen Studien durchsucht, die sich mit dem Nutzen der Gesichtsbogenübertragung bei der Herstellung von dentalen Prothesen sowie Aufbissschienen beschäftigten. Dabei konnten acht Studien den Suchkriterien entsprechend als geeignet angesehen werden. In Anlehnung an die Übersicht von Farias-Neto (2013) werden die Inhalte in Tab. 11.1 (Kap. 11.1) zusammengefasst.

Anhand der bestehenden klinischen Studien zur Gesichtsbogenanwendung wird deutlich, dass der Gesichtsbogens bei der Herstellung von Totalprothesen sowie Aufbissschienen keinen klinischen Vorteil gegenüber der einfacheren Herstellungsmethode, die unter anderem auf den Gesichtsbogen verzichtet, mit sich bringt. In drei Studien schnitt die mittelwertige Modellmontage bezüglich der untersuchten Parameter gar besser ab, als die der Gesichtsbogengruppe. Diese Ergebnisse decken sich mit denen unserer Studie. Auch hier wies die Anwendung des arbiträren Ohr-Gesichtsbogens gegenüber der mittelwertigen Modellmontage keinen Vorteil bezüglich der untersuchten Parameter auf.

#### **6.1.4 Mittelwertige Modellmontage als Kontrollgruppe**

Um den Einfluss des arbiträren Gesichtsbogens auf die Okklusion bei vorheriger Sperrung evaluieren zu können, wurden die Prothesen in der Kontrollgruppe nach Mittelwerten einartikuliert.

In der Literatur wird häufig von einer nachteiligen Modellpositionierung berichtet sobald die Modelle nach Mittelwerten in den Artikulator montiert wurden (Rossbach 1970; Kotwal 1979; Horn und Opitz 1985a). So kommt v. Hesler (1977) zu der Schlussfolgerung, dass größere Abweichungen bezüglich der sagittalen und kaudalen Zuordnung der Zahnreihen zur Kondylenachse sowie eine abweichende Kondylenbahnneigung in Verbindung mit einer willkürlichen Modellmontage nach Mittelwerten zu nicht tolerierbaren Fehlern führen.

Einer In-vivo-Studie von Pröschel et al. aus dem Jahr 1995 zufolge muss in fast 23% der untersuchten Fälle mit okklusalen Fehlern von etwa 200 -500 µm gerechnet werden, sobald der Artikulator nach reinen Mittelwerten programmiert wurde. Pröschel et al. (1995) sehen dabei die sagittale Gelenkbahnneigung als einflussreichsten Parameter bezüglich der Vermeidung okklusaler Fehler an, gefolgt von der Einstellung des Bennettwinkels und dem Abstand von Scharnierachse und Zahnreihen. Das Ausmaß des okklusalen Fehlers bezieht sich hier jedoch nicht auf die statische, sondern auf die dynamische Okklusion.

Hingegen fanden Pröschel et al. im Jahre 2000 mit Hilfe eines computersimulierten Artikulators heraus, dass eine rein mittelwertige Einstellung der Artikulatorparameter sowie eine mittelwertige Positionierung der Modelle im Artikulator zu okklusalen Fehlern in der Dynamik führen, die klinisch tolerierbar sind. Die zusätzliche Verwendung eines Gesichtsbogens zur Bestimmung der individuellen Kondylenbahnneigung sowie der räumlichen Lagebeziehung der Kiefer zu den Kondylen würde demnach keine deutliche Reduktion okklusaler Fehler verglichen zur rein mittelwertiger Einstellung bringen. Erst bei zusätzlicher Bestimmung des individuellen Bennett-Winkels wäre ein klinisch relevanter okklusaler Fehler fast vollständig beseitigt.

## Diskussion

Carlsson und Magnus (2000) stellen in einer Ausführung den Sinn und Zweck des Gesichtsbogens in Frage und berufen sich auf eine Konsensus-Konferenz der Skandinavischen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik, wonach die mittelwertige Modellmontage auch ohne Gesichtsbogen für alle prothetischen Arbeiten ausreichend sei.

Auch werden laut Pröschel et al. (1995) in den zahntechnischen Laboratorien prothetischer Ersatz in der Regel ohne individuelle, schädelbezogene Ausrichtung erstellt.

Aus diesem Grund wurde die mittelwertige Modellmontage als Kontrollgruppe zur Gesichtsbogenmethode genutzt, um auf einen eventuellen Verzicht des Gesichtsbogens bei der Modellübertragung in der Totalprothetik hinzudeuten, die die kostengünstigere mittelwertige Modellmontage erlauben würden.

## 6.2 Ergebnisse

### 6.2.1 Bewertung der klinischen Okklusionskontakte

Die Anzahl der klinischen Kontaktpunkte in beiden Gruppen unterscheidet sich zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander. Lediglich die in Kontakt stehende Gesamtanzahl an Zähnen sind in der Mittelwertgruppe zum Zeitpunkt T2 signifikant höher als in der Gesichtsbogengruppe ( $p=0,042$ ).

Zwar sinkt zum Zeitpunkt T1 in beiden Gruppen die Anzahl der Front-beziehungsweise Seitenzahnkontakte nach den Einschleifmaßnahmen unter den Ausgangswert, jedoch steigen diese zum Zeitpunkt T2 wieder über den Wert von T0 an. Ein Grund hierfür könnte sein, dass sich die Prothesen nach der sekundären Remontage aufgrund der Schleimhaut-Resilienz (Chauhan et al. 2012) einlagern. Die Patienten mussten sich an die neu eingestellte Zentrik-Relation der Unterkieferkondylen in der Schlussbiss-Position gewöhnen.

Die Ursache für die zahlenmäßig stärker auftretenden Kontaktpunkte zum Zeitpunkt T0 im Vergleich zu T1 könnte sein, dass die Prothesen zuvor schon mindestens 2 Wochen getragen wurden, die Prothesen somit schon eingelagert waren und sich die Schleimhaut der Okklusion angepasst hat (Firtell et al. 1987).

## Diskussion

Zum Zeitpunkt T2 stiegen in beiden Gruppen die Anzahl der Zähne in Kontakt sowie die durchschnittliche Anzahl der Front- und Seitenzahnkontakte.

In einer Studie von Firtell et al. (1987) konnte gezeigt werden, dass das Auftreten von Druckstellen bei Totalprothesenträgern eng mit einer Abnahme von Okklusionskontakten und der Kaukraft zusammenhängt. Demnach gibt es kein spezielles okklusales Design, das einen Erfolg bei der Herstellung von Totalprothesen gewährleistet. Vielmehr nehmen Firtell et al. (1987) an, dass eine Reduktion okklusaler Fehler und die damit verbundene Harmonisierung der Zahnkontakte zum Erfolg der Totalprothesen beiträgt, indem unter anderem Druckstellen vermieden werden. Solche okklusalen Disharmonien können beispielsweise vorzeitige Kontakte oder Gleithindernisse sein (Körper 1971). In einer ähnlichen Studie von Shigli et al. (2008) an 30 Totalprothesenträgern konnte dargestellt werden, dass das gleichmäßige Einschleifen der Zahnkontakte zu einer Verringerung der Druckstellen sowie Schmerzen beim Kauen führt und somit das Wohlbefinden der Patienten verbessert.

In der Wissenschaftlichen Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V. (Utz et al. 2010) wird darauf hingewiesen, dass das Ziel bei der Lagezuordnung des Unterkiefers in sagittal-transversaler Richtung darin besteht, dass sich die Prothesen beim Kieferschluss in maximaler Interkuspitation beidseits gleichzeitig und gleichmäßig berühren sollten, ohne dass sich die Prothesen auf dem Tegument verschieben. Andernfalls führe dies unter anderem zu Schleimhautreizungen und Druckstellen.

Zwar stieg die Anzahl der Seitenzahnkontakte in beiden Gruppen zum Zeitpunkt T2 an, eine Aussage über die Verteilung der Kontaktpunkte kann damit nicht gemacht werden. Eine alleinige Zunahme der Kontaktpunkte führt nach Ramfjord (1971) nicht zu einer idealen Okklusion, wichtiger sind stabile Kieverhältnisse beim Schlussbiss in zentrischer Relation.

Die Verteilung der Okklusionskontakte sollte in unserer Studie über die Anzahl der Zähne, die mindestens einen Kontakt aufweisen, bestimmt werden. Die Verteilung der Okklusionskontakte erreicht in der Mittelwertgruppe zum Zeitpunkt T2 ihren höchsten Wert, in der Gesichtsbogengruppe hingegen sinkt der Wert von T0 zu T2. Gruppenabhängig betrachtet verteilen sich die Okklusionskontakte dementsprechend

## Diskussion

in der Mittelwertgruppe auf mehr Zähne als zu Beginn der Studie. In der Gesichtsbogengruppe ergibt sich ein umgekehrtes Bild. Zwar steigt auch hier die Anzahl der Seitenzahnkontakte zum Zeitpunkt T2 über ihren Ausgangswert, jedoch verteilen sich diese Kontakte auf weniger Zähne als zu Studienbeginn.

Vergleicht man beide Gruppen zu den verschiedenen Zeitpunkten miteinander, so lässt sich erkennen, dass in der Mittelwertgruppe zum Zeitpunkt T2 mehr Kontakte im Seitenzahnbereich vorliegen als in der Gesichtsbogengruppe. Auch die Anzahl der in Kontakt stehenden Zähne ist in der Mittelwertgruppe größer als in der Gesichtsbogengruppe, es ergibt sich sogar ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen zum Zeitpunkt T2 ( $p=0,042$ ). Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass bereits zum Zeitpunkt T0 die Werte in der Mittelwertgruppe über denen der Gesichtsbogengruppe lagen.

In unserer Studie haben wir bei der Auswertung der Anzahl der in Kontakt stehenden Zähnen nicht zwischen Front- und Seitenzähnen unterschieden, jedoch kann ein Verteilungsmuster der Kontaktpunkte anhand der Abb. 5.3-5.5 (Kap. 5.2.1) erkannt werden. Hier zeigt sich, dass zum Zeitpunkt T0-T2 die Unterschiede in der mittleren Kontaktanzahl pro Zahn bezüglich der untersuchten Methode bei keiner Zahnposition signifikant waren, weder im Seiten-, noch im Frontzahnbereich.

In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass die Frontzähne in der Totalprothetik außer Kontakt stehen sollten, da dies zu ab-hebelnden beziehungsweise kippenden Kräften führen kann (Kühl 1970). Auch Jamieson (1956) vertritt die Meinung, dass sich die oberen und unteren Frontzähne in der Statik nicht berühren sollten.

In unserer Studie konnte jedoch dargelegt werden, dass die Anzahl der Frontzahnkontakte zum Zeitpunkt T2 in beiden Gruppen über den Ausgangswert anstieg. In der Mittelwertgruppe ergaben sich schon unmittelbar nach den Einschleifmaßnahmen und somit noch vor der Adaptationsphase mehr Frontzahnkontakte als zum Zeitpunkt T0, obwohl die Frontzähne zuvor im Labor außer Kontakt geschliffen wurden.



### 6.2.1.1 Fehlerursache der klinischen Kontaktpunktsituation

Eine Ursache für die Zunahme der Frontzahnkontakte könnte ein Fehler in der Übertragung des Bewegungsradius des Unterkiefers in den Artikulator sein.

So deuten Horn und Opitz (1985b) in einer In-vivo-Studie an 120 vollbezahnten Probanden darauf hin, dass kleinere Modelle nach mittelwertiger Modellmontage oftmals weiter entfernt von der funktionellen Achse des Artikulators liegen verglichen zur Patientensituation, größere Modelle hingegen zu nah an dieser. Das würde bedeuten, dass die arbiträre Scharnierachse großer Modelle nach mittelwertiger Modellmontage mit Hilfe des Bonwillschen Dreiecks anterior der wahren Scharnierachse zu liegen kommt, sodass ein, aufgrund des kleineren Bewegungsradius des Unterkiefers, vermehrtes Auftreten frontaler Okklusionskontakte nach dem Absenken begünstigt wäre (Sörgel 1978; Zuckerman 1982).

Das könnte erklären, warum die Anzahl der Frontzahnkontakte besonders in der Mittelwertgruppe nach dem Einschleifen gegenüber der Gesichtsbogengruppe zugenommen hat, wenn man berücksichtigt, dass in der Mittelwertgruppe mehr männliche als weibliche ProbandenInnen (9 Männer, 7 Frauen; in der Gesichtsbogengruppe waren es zum Studienabschluss 2 Männer und 12 Frauen) teilnahmen. Die Prothesen könnten dementsprechend durchschnittlich größer sein, als in einer Gruppe mit vorwiegend weiblichen Probandinnen. So fanden Ferrario et al. (1999) in einer In-vitro-Studie an 142 Probanden heraus, dass unabhängig von der ethnischen Herkunft männliche Probanden durchschnittlich größere Zahnbögen aufweisen als weibliche.

So sollte insbesondere für kleine oder große Kiefer die scharnierachsenbezogene Modellmontage mit Hilfe des Gesichtsbogens der mittelwertigen Modellmontage vorgezogen werden (Horn und Opitz 1985b).

Des Weiteren weisen Morneburg et al. (2011) darauf hin, dass der Balkwill-Winkel für den okklusalen Fehler eine wichtige Rolle spielt. So kämen die geringsten okklusalen Fehler bei einer vertikalen Sperrung von 2 mm und gleichzeitiger Verwendung eines Balkwill-Winkels von 17° zu Stande. Der Balkwill-Winkel wurde in unserer Studie jedoch nicht gemessen.

## Diskussion

An Hand der klinischen Ergebnisse und der nicht signifikanten Unterschiede, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass bei der mittelwertigen Einstellung des Balkwill-Winkels eher Werte im Bereich von 17-18° und weniger im Bereich von 25° entstehen, in welchem Morneburg et al. (2011) die größten okklusalen Fehler berechnete.

Es lässt sich zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied bezüglich der Kontaktsituation zwischen beiden Gruppen feststellen, sodass es nicht möglich ist positive Rückschlüsse bezüglich der Okklusionkontakte auf die Verwendung des Gesichtsbogens gegenüber der mittelwertigen Modellmontage zu ziehen. Lediglich zum Zeitpunkt T2 stehen in der Mittelwertgruppe signifikant ( $p=0,042$ ) mehr Zähne in Kontakt als in der Gesichtsbogengruppe.

In Abb.5.5 (Kap. 5.2.1) lässt sich erkennen, dass zum Zeitpunkt T2 auf der Zahnposition 21, 26,15 und 16 in der Mittelwertgruppe mehr Kontakte pro Zahn vorkamen, wenn auch nicht signifikant erhöht, als in der Mittelwertgruppe, was im Gesamten jedoch den signifikanten Unterschied erklären könnte.

Die Zunahme der Seiten- und Frontzahnkontakte in beiden Gruppen lässt sich eher mit der Durchführung der sekundären Remontage erklären und weniger mit der Verwendung einer der beiden Methoden. Gleiches lässt sich zur Verteilung der Okklusionskontakte in der Mittelwertgruppe sagen. Hier steigt die Anzahl der Zähne in Kontakt zum Zeitpunkt T2 auf den höchsten Wert.

Hingegen sinkt die Anzahl der Zähne, die mindestens einen Kontakt aufweisen in der Gesichtsbogengruppe von Zeitpunkt T0 zu T2. Die Verteilung der Kontaktpunkte nimmt entsprechend ab.

Zudem verteilen sich die Zahnkontakte in der Gesichtsbogengruppe zum Zeitpunkt T2 ungleichmäßig. So weisen die Zähne 17-14 in der Gesichtsbogengruppe zum Zeitpunkt T2 je Zahn durchschnittlich signifikant weniger Kontakte auf, als die Zähne 27-24 (Abb. 5.6, Kap. 5.2.1)

Ein Grund hierfür können Übertragungsfehler bei der Verwendung des Gesichtsbogens sein. So weisen einige Autoren (Jung 1984; Zuckerman 1985) darauf hin, dass die Verwendung des arbiträren Gesichtsbogens bei bestehender Gesichtsasymmetrie zu einer fehlerhaften Einstellung der Gesichtsmittellinie und

Okklusionsebene führen kann

Die asymmetrisch bestimmte Scharnierachse geht verloren, sobald das Modell in den Artikulator, der eine in der Horizontalebene symmetrische Achse besitzt, übertragen wurde (Stade et al. 1982). Die Zahntechnikerin in der Studie kann diese Asymmetrie jedoch nicht nachempfunden haben und adjustierte die Prothesen anschließend gleichmäßig und zwar in einer Okklusionsebene, die nicht mit der des Patienten korreliert haben könnte. Eine einseitige Belastung der Zähne 14-17 nach der Adaptionsphase kann das Resultat sein. Ein signifikanter Unterschied hinsichtlich dieser Beziehung ergab sich zum Zeitpunkt direkt nach dem Einschleifen hingegen nicht.

### **6.2.2 Bewertung der Modellergebnisse**

Für die Anzahl der Kontakte nach dem Absenken ergaben sich weder für die Schleifkontakte noch für die festen Kontakte signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Methoden. Auch war die Gesamtanzahl der Okklusionskontakte nicht signifikant verschieden. Hingegen zeigten sich bezüglich der Frontzahnkontakte (feste Kontakte und Schleifkontakte) signifikante Unterschiede nach dem Absenken der Modelle zum Nachteil der Gesichtsbogengruppe. Des Weiteren befanden sich in der Gesichtsbogengruppe signifikant mehr Frontzähne in Kontakt als in der Mittelwertgruppe. Es ergibt sich demnach ein genau umgekehrtes Bild zur klinischen Situation, wobei die Unterschiede in der Klinik nicht signifikant waren.

Die Gesamtanzahl der Zähne mit mindestens einen Kontakt nach dem Absenken der Modelle ist ebenfalls in der Gesichtsbogengruppe signifikant erhöht, wohingegen keine Signifikanzen bezüglich der Anzahl der in Kontakt stehenden Seitenzähne resultieren.

Man kann anhand der Ergebnisse feststellen, dass in der Gesichtsbogengruppe nicht signifikant mehr Kontakte auftraten. Betrachtet man die Frontzähne jedoch isoliert, so ergeben sich für die Gesichtsbogengruppe signifikant mehr Frontzahnkontakte. Die Anwendung des Gesichtsbogens könnte demnach in Verbindung mit der sekundären

## Diskussion

Remontage das Auftreten von Frontzahnkontakten nach dem Absenken der Modelle im Artikulator begünstigen.

Dies wird auch durch die Auswertung der Zähne, die mindestens einen Kontakt aufweisen, unterstützt. Es kommen in der Gesichtsbogengruppe signifikant mehr Frontzähne mit Kontakten vor als in der Mittelwertgruppe, das heißt die Frontzahnkontakte verteilen sich in der Gesichtsbogengruppe gleichmäßiger auf den Frontzähnen. In der Mittelwertgruppe sind demnach nur wenige Frontzähne bei einer signifikant geringeren Anzahl an Frontzahnkontakten betroffen.

Im Bereich der Seitenzähne lassen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Kontaktverteilung erkennen. Die Okklusionskontakte verteilen sich in beiden Gruppen in ähnlicher Weise.

Zwar verteilen sich die Kontakte in der Gesichtsbogengruppe nach dem Absenken auf signifikant mehr Zähne als in der Mittelwertgruppe, jedoch äußert sich dieser Unterschied nur im Frontzahnbereich. Da die Frontzähne von Totalprothesen außer Kontakt stehen sollten (Kühl 1970), wäre die Verwendung des Gesichtsbogens im Zusammenhang mit der sekundären Remontage eher als Nachteil zu verstehen. So müsste man mehr Zeit für Einschleifmaßnahmen aufbringen, um die Okklusion zu harmonisieren und alle Frontzahnkontakte zu entfernen.

In einer In-vivo-Studie von Shodadai et al. (2001) wurden Michigan-Schienen für 20 Probanden, bei denen Bruxismus diagnostiziert wurde, hergestellt. Dabei wurden für jeden Patienten jeweils zwei Schienen hergestellt, zum einen nach Gesichtsbogenübertragung mit Hilfe eines Ohr-Gesichtsbogens und zum anderen nach mittelwertiger Modellmontage. Anschließend wurde die Okklusion beider Methoden miteinander verglichen und der Zeitaufwand für das okklusale Einschleifen gemessen. Hierbei ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Methoden.

Der Faktor "Zeitersparnis" beim Einschleifen der Prothesen nach dem Absenken bedingt durch die Anwendung des Gesichtsbogens sollte in unserer Studie jedoch nicht Gegenstand der Untersuchung sein. Das signifikant erhöhte Auftreten von Frontzahnkontakten und Frontzähnen in Kontakt in der Gesichtsbogengruppe lässt

jedoch vermuten, dass ein erhöhter Einschleifaufwand gegenüber der mittelwertigen Modellmontage zu erwarten gewesen wäre.

### **6.2.2.1 Fehlerursache der Modellauswertung**

Ein Grund für das in der Gesichtsbogengruppe im Vergleich zur Mittelwertgruppe gehäufte Auftreten von Frontzahnkontakten und Frontzähnen mit mindestens einen Kontakt, kann in der Fehlregistrierung der posterioren Referenzpunkte durch den Ohr-Gesichtsbogen liegen.

So ermittelten Palik et al. (1985), dass 92% der arbiträren Scharnierachsenpunkte, die mittels Ohr-Gesichtsbogen übertragen wurden, anterior der wahren Scharnierachsen lagen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Galanis et al. (2013). Auch in dieser In-vivo-Studie lagen die mit Hilfe des Ohr-Gesichtsbogens bestimmten arbiträren Scharnierachsenpunkte vorwiegend anterior der wahren Scharnierachse. Unterscheidet sich die arbiträre Scharnierachse und somit der Bewegungsradius von der wahren Scharnierachse, so entstehen okklusale Differenzen beim Absenken der Modelle im Artikulator (Hobo et al. 1976). Dabei sind laut Pröschel et al. (1995) zu steile Bewegungsbahnen bei den Patienten zu erwarten, bei denen der Abstand von Zahnreihe zur Scharnierachse größer ist, als im Artikulator eingestellt wurde.

Die Richtung der räumlichen Abweichung der arbiträren von der wahren Scharnierachse hat zudem einen Einfluss auf die Kontaktposition der Kiefer beim Kieferschluss (Zuckerman 1982)

So könnte die arbiträre Scharnierachse vermehrt anterior beziehungsweise kranial der wahren Scharnierachse bestimmt worden sein, ein veränderter Bewegungsradius könnte somit vermehrt Frontzahnkontakte und in Kontakt stehende Frontzähne nach dem Absenken begünstigt haben. So wird in der Literatur darauf hingewiesen, dass die Ohr-Anatomie innerhalb der Bevölkerung variiert und somit auch die Modellorientierung in den Artikulator (Goska und Christensen 1988). Auch Gold und Setchell (1983) deuten auf die Variation menschlicher Gehörgänge bei gleichzeitiger Verwendung standardisierter Ohroliven hin.

## Diskussion

Eine weitere Überlegung in der Ursachenfindung der Modellauswertung könnte die Verwendung der Referenzebene sein. In der Literatur (Pitchford 1991; Ferrario et al. 2002) wird angenommen, dass die Ausrichtung der Oberkiefermodelle nach der Frankfurter Horizontalen eine Steilstellung der Modelle begünstigen. Auch Galanis et al. (2013) sind der Meinung, dass die Verwendung des arbiträren Gesichtsbogens eine Okklusionsebene, die nach anterior geneigt ist, begünstigt.

Als Konsequenz wäre denkbar den anterioren Referenzpunkt um etwa die von Pitchford (1991) genannten 18,5 mm unterhalb des unteren Orbita-Randes zu setzen, um der Steilstellung bei der Verwendung der Frankfurter Horizontalen als Bezugsebene entgegenzuwirken.

Jedoch wird davon ausgegangen, dass die Neigung der übertragenen Okklusionsebene bei gleichzeitiger Bissperrung nur einen geringen Einfluss auf den okklusalen Fehler in der Statik hat (Adrien und Schouver 1997).

Man könnte annehmen, dass die in der Gesichtsbogengruppe gemessene, signifikant erhöhte Anzahl an Frontzahnkontakten und Frontzähnen in Kontakt in der Statik weniger mit der Neigung der Referenzebene sondern eher mit der Position der posterioren Referenzpunkte zusammenhängt.

Wie stark der Einfluss der Fehlregistrierung der arbiträren Scharnierachse in beiden Gruppen auf die Okklusion ist, lässt sich schwer sagen, geht man davon aus, dass die klinische Ausgangssituation nicht der physiologischen zentrischen Relation entsprach, die erst anschließend mit Hilfe der Stützstift-Registrierung erzielt wurde. Somit lässt sich schlussfolgern, dass die Verwendung des Gesichtsbogens im Zusammenhang mit der sekundären Remontage von Totalprothesen signifikant mehr Frontzahnkontakte und in Kontakt stehende Frontzähne verursacht, jedoch nicht, dass die Verwendung des Gesichtsbogens generell mehr Frontzahnkontakte bei der Modellmontage erzeugt.

Schaut man sich nun die klinische Kontaktsituation an, so erkennt man, dass nach gleichmäßigem Einschleifen der Okklusion im Artikulator, die Probanden der Mittelwertgruppe nach der Eingliederung zum Zeitpunkt T1 und T2 durchschnittlich jedoch mehr Frontzahnkontakte aufwiesen als die der Gesichtsbogengruppe.

Da die Prothesen im Artikulator nach sekundärer Remontage in gelenkbezüglicher zentrischer Relation zueinander zugeordnet waren und die Frontzähne außer

Kontakt geschliffen wurden, kann anhand der klinischen Auswertung von einem besseren, jedoch nicht signifikanten Ergebnis in der Gesichtsbogengruppe bezüglich der Frontzahnkontakte ausgegangen werden.

Die mit Hilfe der Stützstift-Registrierung erzielte physiologische, zentrische Okklusion konnte demnach in der Gesichtsbogengruppe nach der Eingliederung besser am Patienten wiedergegeben werden als in der Mittelwertgruppe.

Die durch die mittelwertige Modellmontage übertragene Scharnierachse scheint demnach stärker von der wahren Scharnierachse des Patienten abzuweichen, als die der gesichtsbogenbezogenen Modellmontage.

### **6.2.2.2 Materialbedingte Fehlerursachen**

Fehler während der gesichtsbogenbasierten Modellmontage können materialabhängig sein. So sehen einige Autoren (Gold und Setchell 1983) einen möglichen Fehler bei der Gesichtsbogenübertragung darin, dass die Befestigungsschrauben, die den Support mit dem Gesichtsbogen und der Bissgabel verbinden, nicht immer in gleicherweise vollständig angezogen, die Bissgabel nicht gleichmäßig an den Oberkieferzähnen adaptiert und die Impressionen der Oberkieferzähne in der Wachsmasse auf der Bissgabel zu tief waren und somit einen schlechten Sitz der Modelle erzeugte. Ein weiterer Faktor könnte das Expansionsverhalten des Gipses während der Abbindephase gewesen sein. So waren nicht alle Modelle gleichmäßig getrimmt und benötigten für die Modellmontage unterschiedliche Mengen an Gips, um positioniert werden zu können. Auch ist das Metall der Bissgabel biegsam, sodass bei der Montage der Oberkiefermodelle unterschiedlich viel Druck beim Schließen des Artikulator-Oberteiles ausgeübt worden sein kann. Aufgrund des Mehraufwandes bei der Verwendung des Gesichtsbogens gegenüber der mittelwertigen Modellmontage und der bestehenden Ergebnisse lässt sich die Anwendung des Gesichtsbogens in der Totalprothetik aus diesem Aspekt nicht begründen.

### 6.2.3 Einfluss der Sperrung auf die Modellkontakte

Bei der Bestimmung des Lageverhältnisses vom Unterkiefer zum Oberkiefer mit Hilfe von Wachsregistraten entstehen okklusale Fehler, deren Größe direkt proportional zum Ausmaß der Sperrung ist (Adrien und Schouver 1997). Eine Vergrößerung der Sperrung erhöht somit den okklusalen Fehler (Piehslinger et al. 1995).

Der okklusale Fehler wurde in unserer Studie nicht ermittelt. Vielmehr sollte der Einfluss der Sperrung auf die Kontaktposition, also die Verteilung der Kontakte in beiden Gruppen untersucht werden

So liegt eine sehr geringe Korrelation zwischen dem Ausmaß der Sperrung und den in Kontakt stehenden Seitenzähnen beider Gruppen vor. Auch eine zusätzliche Differenzierung in den einzelnen Methoden-Gruppen lässt nur eine geringe Korrelation zwischen der Sperrung und der Okklusionsverteilung im Seitenzahnbereich erkennen. Die Kontaktanzahl in beiden Gruppen korreliert ebenfalls nur schwach mit der Sperrung. Das Ausmaß der Sperrung scheint dementsprechend keinen beziehungsweise nur geringen Einfluss auf die Verteilung der Okklusionskontakte im Seitenzahnbereich zu haben. Dabei scheint auch die Gruppenzugehörigkeit keine große Rolle zu spielen. Die Okklusion verändert sich abhängig von der vertikalen Sperrung in beiden Gruppen nicht signifikant.

Der signifikante Unterschied in der Anzahl der Frontzahnkontakte bei den Modellergebnissen (Kap.5.2.2) beider Gruppen konnte nicht mit dem Ausmaß der Sperrung erklärt werden. Die Änderung der Kontaktanzahl innerhalb beider Gruppen unterscheidet sich abhängig von der Sperrung nicht signifikant. Die vertikale Sperrung in unserer Studie streute zwischen 1,5 mm und 10,0 mm, wobei im Durchschnitt 4,89 mm gesperrt wurde. Dementsprechend wurde eine Grenze von 5,0 mm gewählt, um den Einfluss der Sperrung auf die Frontzahnkontakte in beiden Gruppen zu untersuchen. In beiden Gruppen hat eine Sperrung von „bis 5 mm“ beziehungsweise „über 5 mm“ den gleichen Einfluss auf die Frontzahnkontakte. Das heißt die Sperrung beeinflusst die Kontaktsituation weder in der Gesichtsbogen-, noch in der Mittelwertgruppe signifikant.



Nach Schwarz (1983) sollte ein Gesichtsbogen immer dann gewählt werden, wenn die vertikale Sperrung mehr als 3 mm beträgt. Wird hingegen weniger als 3 mm gesperrt, so ist der Verzicht des Gesichtsbogens tolerierbar. Morneburg et al. (2011) sehen es hingegen als sinnvoll an, bereits ab einer Änderung der vertikalen Relation von 2 mm den arbiträren Gesichtsbogen zu verwenden und ab  $\geq 4$  mm gar die individuelle Scharnierachse achsiographisch zu bestimmen

Eine solche Grenze lässt sich im Rahmen unserer Untersuchung und Studiendesigns jedoch nicht definieren. Die Sperrung korreliert in unserer Studie nur schwach mit der Verteilung von Okklusionskontakten. Auch hat eine Sperrung von „bis 5 mm“ beziehungsweise „über 5 mm“ keinen signifikanten Einfluss auf die Kontaktposition der untersuchten Methoden im Zusammenhang mit der sekundären Remontage von Totalprothesen. Der Gesichtsbogen hat keinen signifikanten Vorteil bezüglich der Verteilung der Okklusionskontakte in Abhängigkeit vom Ausmaß der vertikalen Sperrung gegenüber der mittelwertigen Modellmontage.

#### **6.2.4 Ausmaß der Nachsorge**

Zu Beginn der Studie wiesen annähernd zwei Drittel der Probanden Druckstellen auf. Da die Prothesen zu Studienbeginn mindestens zwei Wochen getragen worden sein sollten, hatten die Prothesenbasen Zeit sich nach der Neuanfertigung aufgrund der Schleimhautresilienz in ihrer Position einzulagern, sodass okklusale Interferenzen und als Folge ungleichmäßige Belastungen des Teguments auftraten. Dies führt zur Entstehung von Druckstellen (Chauhan et al. 2012).

Im Anschluss an die sekundäre Remontage nach drei Tagen kamen Druckstellen jedoch nur noch in rund ein Drittel der Fälle vor. In der Zeit bis zum Abschluss der Studie blieb dieser Wert annähernd konstant. Betrachtet man die Gruppen isoliert, so ergibt sich ein ähnlicher Trend. Nach 3 beziehungsweise 84 Tagen ist das Vorkommen der Druckstellen in beiden Gruppen ähnlich groß, wobei in der Gesichtsbogengruppe zum Zeitpunkt T(n)1 und T(n)2 mit geringen Abstand weniger Druckstellen auftraten als in der Mittelwertgruppe, obwohl dies zu Beginn umgekehrt war.

## Diskussion

In einer In-vivo-Studie von Kubrak (1998) wurden Totalprothesen angefertigt. Zum einen wurde dabei der Gesichtsbogen verwendet und zum anderen darauf verzichtet, wobei der Gesichtsbogen nicht das einzige Unterscheidungskriterium war. Es zeigte sich, dass die Adaptationszeit, die durch klinische Untersuchungen und Patientenbefragungen bestimmt wurde, bei der Gesichtsbogenmethode mit durchschnittlich 10,5 Tagen signifikant geringer war als bei der Kontrollgruppe mit 18,4 Tagen. Die Anzahl der Nachsorgetermine war bei der Gesichtsbogengruppe ebenfalls geringer.

Ein ähnliches Bild, wenn auch nicht statistisch gestützt, ergab sich in unserer Studie. Jedoch sind die Unterschiede in dem Vorkommen der Druckstellen zum Zeitpunkt  $T(n)1$  und  $T(n)2$  so gering, dass diesbezüglich nicht zwingend von einem Vorteil des Gesichtsbogens gegenüber der mittelwertigen Modellmontage ausgegangen werden kann. Vielmehr zeigt sich in beiden Gruppen ein positiver Effekt der sekundären Remontage ab dem Zeitpunkt  $T(n)1$ .

Interessanterweise bleibt das Ausmaß der Druckstellen anschließend in beiden Gruppen bis zum Zeitpunkt  $T(n)2$  konstant, obwohl die Anzahl klinischer Kontaktpunkte in beiden Gruppen im Vergleich zum Zeitpunkt nach dem Einschleifen zugenommen hat. Jedoch stiegen zum Zeitpunkt  $T2$  nicht nur die Anzahl der Seitenzahn-, sondern auch die der Frontzahnkontakte. Letztere sind für unerwünschte ab-hebelnde Kräfte verantwortlich (Kühl 1970).

Zudem wird angenommen, dass das Auftreten von Druckstellen bei Totalprothesenträgern eng mit einer Abnahme von Okklusionskontakten zusammenhängt (Firtell et al. 1987).

Dieser Effekt lässt sich auch in unserer Studie erkennen. Zwar scheint die Anzahl der in Kontakt stehenden Zähne zum Zeitpunkt  $T0$  höher als zum Zeitpunkt  $T1$ , jedoch muss daraufhin gedeutet werden, dass die Prothesen zu Studienbeginn bereits eingelagert waren und sich durch Dimensionsungenauigkeiten im Herstellungsprozess Abweichungen, auch einer vormals zentrischen Okklusion eingestellt haben könnten.

Die zentrische Relation wurde erst anschließend erzielt und in den Artikulator übertragen. Im aufgezeichneten Okklusionsprotokoll nach dem Absenken der remontierten Prothesen im Labor (dieses Protokoll wurde nicht in die statistische

Auswertung eingebracht) lässt sich erkennen, dass die Anzahl der in Kontakt stehenden Zähne in der zentrischen Relation im Artikulator in beiden Gruppen mit durchschnittlich 1,31 Zähnen deutlich niedriger war als die im klinischen Ausgangsbefund mit 6,06 in der Mittelwertgruppe beziehungsweise 5,88 Zähnen in der Gesichtsbogengruppe. Hierdurch lässt sich schlussfolgern, dass zu Studienbeginn nur wenige "wahre", also in der physiologisch gewünschten zentrischen Kondylenposition befindliche Kontaktpunkte vorkamen.

Zum Zeitpunkt T1 stieg die Anzahl der Zähne in Kontakt in der nun erzielten zentrischen Okklusion über den Laborwert nach Absenken der remontierten Prothesen. Die von Jankelson (1962) durch das Einstellen der zentrischen Relation beschriebene stabile und komfortable Okklusion wurde demnach schon nach kurzer Zeit realisiert. So nahmen bereits zum Zeitpunkt T(n)1 die Druckstellen in beiden Gruppen deutlich ab.

Die Abnahme der Druckstellen lässt sich nicht durch die Verwendung einer der beiden Übertragungsmethoden erklären, sondern ist vielmehr auf die Durchführung der sekundären Remontage zurückzuführen (Firtell et al. 1987; Shigli et al. 2008).

### **6.3 Klinischer Nutzen des Gesichtsbogens**

An Hand der untersuchten Ergebnisse konnte kein klinischer Vorteil bei der Verwendung des arbiträren Gesichtsbogens gegenüber der mittelwertigen Modellmontage bei vorausgegangener Änderung der vertikalen Dimension gefunden werden. Die Mittelwertige Modellmontage scheint für die Anfertigung von Totalprothesen im Vergleich zur Gesichtsbogenmethode nicht nachteilig zu sein. So ergaben sich nach dem Absenken der Modelle in der Gesichtsbogengruppe gar signifikant mehr Frontzahnkontakte und Frontzähne in Kontakt als in der Mittelwertgruppe. Auch ergaben sich nach einer Untersuchungsdauer von 84 Tagen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der klinischen Kontaktpunktsituation.

## Diskussion

Im Zusammenhang mit der vertikalen Sperrung hat der Gesichtsbogen zudem keinen signifikanten Vorteil hinsichtlich der Kontaktposition gegenüber der mittelwertigen Modellmontage gezeigt.

Die Modellmontage nach Mittelwerten im Zusammenhang mit der sekundären Remontage scheint in der Totalprothetik selbst bei größerer, vertikaler Änderung der gesichtsbogenbasierenden Modellmontage gleichwertig zu sein.

Dies spiegelt sich auch in dem Ausmaß der Nachsorge wieder.

Die Ergebnisse decken sich mit denen vergleichbarer klinischer Studien (Farias-Neto et al. 2013).

Die Anwendung des Gesichtsbogens im Rahmen zahnärztlich-rekonstruktiver Maßnahmen wird in der internationalen Literatur kontrovers diskutiert (Carlsson und Magnusson 2000; Craddock und Symmons 1952; Hugger et al. 2001).

So schlagen einige Autoren (Craddock und Symmons 1952) vor, den zeitlichen Aufwand der Gesichtsbogenregistrierung besser an anderer Stelle einzusetzen. Auch stellen sich Farias-Neto et al. (2013) hinsichtlich der vorliegenden klinischen Studien zur Anwendung des Gesichtsbogens die Frage, ob die Zeit bezüglich der Lehre zum Gesichtsbogen zukünftig verringert und stattdessen anderen Bereichen gewidmet werden sollte. Einer Umfrage unter 36 chinesischen Zahnärzten zur Folge (Wang et al. 2008) gehen mehr als 90% der Befragten davon aus, dass die Patienten mit ihren Totalprothesen zufrieden seien, auch wenn bei der Herstellung auf eine Gesichtsbogenübertragung verzichtet wurde.

Kawai et al. (2005) verweisen auf eine Aussage von Clark (2002), der darlegt, dass die Lehre bezüglich der Totalprothesen immer weniger Zeit einnimmt und schlussfolgern daraus, dass eine vereinfachte Herstellungsmethode von Totalprothesen, die unter anderem auch auf den Gesichtsbogen verzichtet, auch aus kosteneffizienten Gründen ausreiche. Die entstehenden Kosten sind es auch, die die Anwendung des Gesichtsbogens in der Totalprothetik hinterfragen lässt (Hugger et al. 2001; Kawai et al. 2005).

Hingegen wird in vielen deutsch- und englischsprachigen Lehrbüchern und Standardwerken zur zahnärztlichen Prothetik auf die Notwendigkeit des

Gesichtsbogens zur Qualitätsverbesserung im Rahmen der Modellmontage in den Artikulator hingewiesen und besonders bei umfangreichen prothetisch-restaurativen Maßnahmen als standardmäßig betrachtet (Hugger et al. 2001; Lynch et al. 2010).

An Hand der Ergebnisse sollte dieser Gedanke im Bereich der Totalprothetik überdacht beziehungsweise der klinische Nutzen des arbiträren Gesichtsbogens mit Hilfe weiteren klinischen Studien evaluiert werden. Dabei ist es wichtig die Verwendung des Gesichtsbogens als einziges Unterscheidungskriterium zur Kontrollgruppe anzunehmen. Abgesehen von unserer Studie sowie den Studien von Shodadai et al. (2001) und Schwahn und Kordaß (1997) unterschieden sich die Vergleichsgruppen anderer klinischer Studien zum Gesichtsbogen nicht alleinig durch die Verwendung eines Gesichtsbogens (Farias-Neto et al. 2013). Vielmehr waren innerhalb der Vergleichsgruppen zusätzliche methodische Unterschiede und weitere Einflussgrößen vorhanden, die es unmöglich machten, die berichteten Unterschiede derart zu interpretieren, dass diese zweifelsfrei auf die Anwendung beziehungsweise Verzicht des Gesichtsbogens zurückgeführt werden können (Morneburg et al. 2010).

### **6.3.1 Der Gesichtsbogen in der festsitzenden Prothetik-Ein Ausblick**

Aufgrund der Schleimhautresilienz besitzen Totalprothesenträgern eine Tastensensibilität von 200 bis 400  $\mu\text{m}$  (Utz et al. 1993), die einen okklusalen Fehler von 254  $\mu\text{m}$  im Bereich der Totalprothetik erlauben würde (Hanau 1930). Bei einer Fehlregistrierung der Scharnierachse innerhalb eines 5 mm-Radius würde sich ein durchschnittlicher okklusaler Fehler von 0,2 mm ergeben (Gordon et al. 1984). Da die arbiträren Scharnierachsenpunkte mit hoher Wahrscheinlichkeit in einem 5 mm-Radius von der wahren Scharnierachse lokalisiert werden können (Schallhorn 1957), wäre die Verwendung des arbiträren Gesichtsbogens in der Totalprothetik akzeptabel. Bei einer größer werdenden Sperrung von 2 beziehungsweise 4 mm berechnen Morneburg et al. (2011) jedoch mögliche okklusale Fehler von  $\geq 340 \mu\text{m}$  beziehungsweise  $\geq 700 \mu\text{m}$  bei der Verwendung der arbiträren Scharnierachse.

## Diskussion

Die Taktilität natürlicher Zähnen liegt hingegen in einem Bereich von 20  $\mu\text{m}$  (Brill et al. 1962) beziehungsweise 10  $\mu\text{m}$  (Tryde et al. 1962). Jedoch kann angenommen werden, dass in der festsitzenden Prothetik lediglich ein okklusaler Fehler von 50 bis 75  $\mu\text{m}$  als klinisch akzeptabel einzustufen wäre (Fox 1967). Zwar seien geringe okklusale Abweichungen von bis zu 200  $\mu\text{m}$  durch Einschleifmaßnahmen intraoral korrigierbar, optimale Ergebnisse in dieser Größenordnung jedoch nicht zu erwarten (Hellmann und Schindler 2013). Die Verwendung der arbiträren Scharnierachse scheinen die in der Literatur vorkommenden Forderungen für die festsitzende Prothetik nicht erfüllen zu können.

Hinsichtlich dieses Aspektes und dem Fehlen klinischer Studien mit hohem Evidenzniveau im Bereich der festsitzenden Prothetik (Morneburg et al. 2010; Farias-Neto et al. 2013) wäre es interessant den Nutzen des Gesichtsbogens in genau diesem Bereich zu evaluieren.

Zudem müsste die Anwendung des arbiträren Gesichtsbogens mit der des kinematischen Gesichtsbogens in der festsitzenden Prothetik verglichen und untersucht werden. Ob der Gebrauch eines kinematischen Gesichtsbogens bei gleichzeitiger Bestimmung der individuellen Scharnierachse zu Vorteilen gegenüber des Gebrauchs eines arbiträren Gesichtsbogens beziehungsweise des Verzichtes jeglicher Gesichtsbögen führt, wurde nicht ausreichend untersucht (Morneburg et al. 2000).

So wird die Lokalisation der wahren Scharnierachse bei der Behandlung bezahnter Patienten empfohlen (Gordon et al. 1984), da dementsprechend Zeitersparnisse erzielt und eine befriedigende Okklusion erreicht werden kann. Hofmann und Pröschel (1978) sehen die Registrierung individueller Parameter in der festsitzenden Prothetik gar als eine unbedingt empfehlenswerte Maßnahme an

Jedoch können selbst bei individueller Bestimmung der Scharnierachsenpunkte okklusale Abweichungen entstehen (Schrems und Mottl 1976).

## 7 Schlussfolgerung

Aus den vorher beschriebenen Ergebnissen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Die Anwendung des arbiträren Gesichtsbogens im Rahmen der sekundären Remontage Totaler Prothesen zeigt über einen Beobachtungszeitraum von 84 Tagen keinen signifikanten Vorteil gegenüber der mittelwertigen Modellmontage hinsichtlich der Verteilung der Okklusionskontakte, weder im Front- noch im Seitenzahnbereich, wenn zuvor vertikal gesperrt wurde. Gleiches gilt für die Anzahl der klinischen Okklusionskontakte.

Die Anwendung des Gesichtsbogens verursachte zum Zeitpunkt T2 eine signifikant ungleichmäßige Kontaktpunktverteilung im Seitenzahnbereich bei vorheriger vertikaler Sperrung.

Die klinischen Kontaktpunkte beider Methoden unterscheiden sich nach dem Absenken der Modelle weder qualitativ noch quantitativ signifikant voneinander.

Die Anwendung des arbiträren Gesichtsbogens erzeugt nach dem Absenken bei vorausgegangener vertikaler Sperrung nach der sekundären Remontage signifikant mehr Frontzahnkontakte sowie Frontzähne, die mindestens einen Kontakt aufweisen, als die mittelwertige Modellmontage. Hinsichtlich der Seitenzahnokklusion ist die Gesichtsbogenmethode der mittelwertigen Modellmontage nicht überlegen.

Die Position der Okklusionskontakte korreliert nur schwach mit dem Ausmaß der vertikalen Sperrung im Zusammenhang mit der angewandten Übertragungsmethode. Die Verwendung des Gesichtsbogens hat keinen signifikanten Vorteil gegenüber der mittelwertigen Modellmontage hinsichtlich der Verteilung der Seitenzahnokklusion in Abhängigkeit von der vertikalen Sperrung. Auch die Anzahl der Frontzahnkontakte ist in beiden Gruppen im gleichen Maße von der Sperrung beeinflussbar.

Die Druckstellen nehmen nach der sekundären Remontage in beiden Methodengruppen gleichermaßen ab.

## Schlussfolgerung

Einen klinisch höheren Nutzen des Gesichtsbogens gegenüber der Mittelwertgruppe bezüglich der Schleimhautverhältnisse ist ebenfalls nicht erkennbar.

Die aufgestellte Null-Hypothese wird bezüglich der Anzahl und Verteilung der Okklusionskontakte sowie des Ausmaßes der klinischen Nachsorge angenommen. Lediglich in Bezug auf die Frontzahnkontakte sowie auf die in Kontakt stehenden Frontzähne muss die Null-Hypothese abgelehnt werden. Bezüglich der vertikalen Sperrung wird die Null-Hypothese ebenfalls angenommen.

Die Verwendung des Gesichtsbogens bei gleichzeitiger Veränderung der vertikalen Dimension hat hinsichtlich der untersuchten Parameter keinen Vorteil gegenüber der mittelwertigen Modellmontage. Die Anwendung der mittelwertigen Modellmontage scheint innerhalb der Totalprothetik ausreichend zu sein. Auf die Anwendung eines arbiträren Ohr-Gesichtsbogens kann daher unter den in der Studie auftretenden Verhältnissen verzichtet werden.



## 8 Zusammenfassung

Das Ziel dieser klinischen, doppelt-verblindeten, randomisierten Studie war es den Nutzen eines arbiträren Gesichtsbogens bei der Modellmontage zu evaluieren bei vorausgegangener Änderung der vertikalen Relation. Dabei sollte der Einfluss des Gesichtsbogens auf die Kontaktpunktsituation sowie auf das Ausmaß der Nachsorge untersucht werden.

Die anfängliche Probandenanzahl betrug 32 (unbezahnt, mindestens eine der Totalprothesen war nicht älter als 4 Wochen), aus denen zwei Gruppen mit jeweils 16 Probanden randomisiert gebildet wurden. In der Gesichtsbogengruppe wurde ein arbiträrer Ohr-Gesichtsbogen (PROTAR® 7 digma, KaVo, Biberach/Riß, Deutschland) angewandt, in der Kontrollgruppe stattdessen die mittelwertige Modellmontage durchgeführt.

Für die Modellmontage wurde jeweils ein semi-adjustierbarer Artikulator verwendet. Die Änderung der vertikalen Relation wurde durch eine sekundären Remontage erzielt.

Die Okklusionskontakte beider Gruppen wurden nach dem Absenken im Labor gleichmäßig eingeschliffen (mindestens ein Kontaktpunkt je Seitenzahn in der Statik, keine Frontzahnkontakte). Die Kontaktpunkte wurden anschließend direkt und 84 Tage nach der sekundären Remontage am Patienten registriert. Zudem wurden jegliche Druckstellen dokumentiert und das Ausmaß der Nachsorge in beiden Gruppen untersucht.

Ferner wurden alle Prothesen vor dem Einschleifen im Labor dupliert, sodass für jeden Probanden zusätzlich beide Montagemethoden durchgeführt werden konnten, da gruppenunabhängig bei jedem Probanden die Gesichtsbogenregistrierung durchgeführt wurde.

Für jedes Modellpaar wurde nach dem Absenken ein Registrat erstellt, das mit Hilfe der „Greifswald Digital Analyzing System“ Software (GEDAS 2 Reader) ausgewertet und auf signifikante Unterschiede in der Anzahl der Kontaktpunkte untersucht wurde.

Die Anzahl der klinischen Kontaktpunkte je Front- und Seitenzahn sowie die Zähne in Kontakt waren in beiden Gruppen zu keinem Zeitpunkt signifikant verschieden ( $p > 0,05$ ).

## Zusammenfassung

Die Auswertung der Modelldaten bezüglich der Seitenzahnkontakte ergab für beide Gruppen keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Hinsichtlich der Frontzahnkontakte und der Anzahl aller Zähne in Kontakt waren die Werte in der Gesichtsbogengruppe signifikant höher (Anzahl Frontzahnkontakte:  $p = 0,005$ ; F-Test, Anzahl Frontzähne in Kontakt:  $p = 0,007$ ; F-Test, Anzahl aller Zähne in Kontakt:  $p = 0,027$ ; F-Test).

Zudem ergab sich eine geringe Korrelation zwischen dem Ausmaß der Sperrung und der Kontaktsituation. Das Ausmaß der Nachsorge war in beiden Gruppen ähnlich.

Der in dieser Studie verwendete Ohr-Gesichtsbogen zur Übertragung von Totalprothesen in den Artikulator nach vorausgegangener Änderung der vertikalen Dimension kann der mittelwertigen Modellmontage aufgrund der vorliegenden Ergebnisse als gleichwertig eingestuft werden und zeigt bezüglich der untersuchten Parameter keinerlei Vorteile.

Im Bereich der Totalprothetik kann die Modellmontage nach Mittelwerten bei vorausgegangener Änderung der vertikalen Dimension empfohlen werden.

## 9 Summary

The quality effect of a face-bow on the static occlusion in connection with an alteration of the vertical dimension. A randomized clinical study.

It was the purpose of this clinical, double-blinded, randomized study to evaluate the benefits of an arbitrary face-bow in the mounting procedure of casts in connection with an alteration of the vertical dimension. The influence of the face-bow concerning the occlusal contact situation as well as the extent of the follow-up had to be examined.

The initial number of patients (edentulous, complete dentures) was 32, randomized into two groups with 16 patients. In the face-bow group an arbitrary earpiece face-bow (PROTAR ®7 digma, KaVo, Biberach / Riss, Germany) has been used. In the control group the casts were mounted arbitrarily. The alteration of the vertical relationship was achieved by a remount procedure.

After lowering the cast the occlusal contacts in both groups were grinded uniformly (no occlusal contacts per front tooth). The number of occlusal contacts was evaluated directly after the remounting procedure and 84 days after.

Sore spots on the oral mucosa were documented as well.

All complete dentures had been duplicated in the laboratory before the occlusal contacts were grinded. In that way the model casts for one patient could be mounted in both ways (the face-bow transfer was used initially for all subjects regardless of the group membership).

After lowering the casts a silicon interocclusal record was made for each pair of casts which was evaluated using the "Greifswald Digital Analyzing System" software (Reader GEDAS 2).

The number of clinical occlusal contacts on each anterior and posterior teeth and the number of teeth in contact in both groups were not significantly different at any time ( $p > 0.05$ ).

The evaluation of the model data for the contacts of the posterior teeth revealed no significant differences ( $p > 0.05$ ). The number of anterior tooth contacts ( $p = 0.005$ ),

## Summary

the number of anterior teeth in contact ( $p = 0.007$ ) and the total number of teeth in contact ( $p=0.027$ ) were significantly higher in the face-bow group.

The extent of follow-up was similar in both groups.

Based on the present results the earpiece face-bow used in this study for the transfer of complete dentures in the articulator after a previous change in the vertical dimension can be considered to be equivalent to the arbitrarily mounting method and achieved no advantages over the control group.

## 10 Literaturverzeichnis

- Abdal-Hadi, L. (1989): The hinge axis: evaluation of current arbitrary determination methods and a proposal for a new recording method. In: *J Prosthet Dent* 62 (4), S. 463–467.
- Adrien, P.; Schouver, J. (1997): Methods for minimizing the errors in mandibular model mounting on an articulator. In: *J Oral Rehabil* 24 (12), S. 929–935.
- Ahlers, M. O. (2013): Kondylenpositionsanalyse. Modifiziertes Vorgehen zur Verbesserung der Praktikabilität und der Reliabilität. In: *Zeitschrift für Kraniomandibuläre Funktion* 5 (4), S. 351–366.
- Ahlers, M. Oliver (1996): Restaurative Zahnheilkunde mit dem Artex-System. Einsatz von Gesichtsbogen, Kieferrelationsbestimmung und Artikulator zur individualisierten Therapie. Hamburg: DentaConcept (Arbeitsbuch, Bd. 1).
- Ahlers, M.O.; Biffar, R.; Bumann, A.; Freesmeyer, W.B.; Hugger, A.; Kordaß, B. et al. (2005): Terminologieliste der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (D G F D T ) und der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGzPW).
- Ansari, I. H. (1996): Simplified clinical remount for complete dentures. In: *J Prosthet Dent* 76 (3), S. 321–324.
- Årstad, Thor (1954): The capsular ligaments of the temporomandibular joint and the intrusion facets of the dentition in relationship to mandibular movements. Oslo: Akademisk forlag.
- Atashrazm, Parsa; Dashti, Mohammad Hosein (2009): The prevalence of occlusal disharmony and its associated causes in complete dentures. In: *J Contemp Dent Pract* 10 (5), S. 41–48.
- Bailey, J. O.; Nowlin, T. P. (1984): Evaluation of the third point of reference for mounting maxillary casts on the Hanau articulator. In: *J Prosthet Dent* 51 (2), S. 199–201.
- Bakalczuk, Magdalena; Bozyk, Andrzej; Iwanek, Michał; Borowicz, Janusz; Sykut, Janusz; Kleinrok, Janusz (2004): Diagnostic abilities of three-dimensional electronic axiography on the basis of ARCUSdigma device. In: *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio D: Medicina* 59 (2), S. 324–327.
- Beck, H. O. (1959): A clinical evaluation of the arcon concept of articulation. In: *J Prosthet Dent* 9 (3), S. 409–421.
- Bergström, Gunnar (1950): On the reproduction of dental articulation by means of Articulators. A kinematic investigation. Örebro (Acta odontologica Scandinavica, 9 (4)).

- Beyron, H. (1942): Orientierungs Problem vid Prostetik Rekonstruktioner ock Bettstudier. In: *Sven Tandlak Tidskr* 35 (3).
- Bojanov, B.; Jordanov, J.; Raitschinova, E. (1972): Über die Parallelität der Camperschen Ebene und der Okklusionsebene. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 27 (6), S. 474–477.
- Bose, M.; Gellert, J.; Ott, K. H. R. (1993): Zur Position schädelbezüglich justierter Gipsmodelle im Artikulator. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 48 (7), S. 439–441.
- Bowley, J. F.; Michaels, G. C.; Lai, T. W.; Lin, P. P. (1992): Reliability of a facebow transfer procedure. In: *J Prosthet Dent* 67 (4), S. 491–498.
- Bowley, J. F.; Pierce, C. J. (1990): Reliability and validity of a transverse horizontal axis location instrument. In: *J Prosthet Dent* 64 (6), S. 646–650.
- Brandrup-Wognsen, T. (1953): The face-bow, its significance and application. In: *J Prosthet Dent* 3 (5), S. 618–630.
- Brill, N.; Schübeler, S.; Tryde, G. (1962): Aspects of occlusal sense in natural and artificial teeth. In: *J Prosthet Dent* 12 (1), S. 123–128.
- Brotman, D. N. (1960a): Hinge axis. Part I. The transverse hinge axis. In: *J Prosthet Dent* 10 (3), S. 436–440.
- Brotman, D. N. (1960b): Hinge axis. Part II. Geometric significance of the transverse axis. In: *J Prosthet Dent* 10 (4), S. 631–636.
- Brotman, D. N. (1960c): Hinge axis. Part III. Vertical and sagittal rotational centers. In: *J Prosthet Dent* 10 (5), S. 873–875.
- Carlsson, Gunnar E.; Magnusson, Tomas (2000): Behandlung temporomandibulärer Funktionsstörungen in der Praxis. Berlin, Chicago, London, Paris, Tokio, Barcelona, Moskau, Prag, São Paulo, Sofia, Warschau: Quintessenz-Verl.-GmbH.
- Castle, A. L.; Anthony, T. H. (1998): Comparing vertical dimension changes with and without a face-bow transfer. In: *J Dent Technol* 15 (1), S. 23–25.
- Chauhan, Mamta Devendrakumar; Dange, Shankar Pandharinath; Khalikar, Arun Narayan; Vaidya, Smita Padmakar (2012): A simplified chair-side remount technique using customized mounting platforms. In: *J Adv Prosthodont* 4 (3), S. 170–173.
- Chitre, V. (2006): Need for an anterior point of reference in face bow transfer: The changing viewpoint. Changing concepts regarding anterior reference point. In: *J Indian Prosthodont Soc* 6 (3), S. 112–114.
- Choi, D. G.; Bowley, J. F.; Marx, D. B.; Lee, S. (1999): Reliability of an ear-bow arbitrary face-bow transfer instrument. In: *J Prosthet Dent* 82 (2), S. 150–156.

- Christiansen, R. L. (1959): Rationale of the face-bow in maxillary cast mounting. In: *J Prosthet Dent* 9 (3), S. 388–398.
- Clark, R. K. (2002): The future of teaching of complete construction to undergraduates. In: *British Dental Journal* 193 (1), S. 13–14.
- Craddock, F. W.; Symmons, H. F. (1952): Evaluation of the face-bow. In: *J Prosthet Dent* 2 (5), S. 633–642.
- Cunha, T. R.; Della Vecchia, M P; Regis, R. R.; Ribeiro, A. B.; Muglia, V. A.; Mestriner, W.; de Souza, R F (2013): A randomised trial on simplified and conventional methods for complete denture fabrication: masticatory performance and ability. In: *J Dent* 41 (2), S. 133–142.
- Downs, W. B. (1948): Variations in facial relationships; their significance in treatment and prognosis. In: *Am J Orthod* 34 (10), S. 812–840.
- Ellinger, C. W.; Somes, G. W.; Nicol, B. R.; Unger, J. W.; Wesley, R. C. (1979): Patient response to variations in denture technique. Part III: Five-year subjective evaluation. In: *J Prosthet Dent* 42 (2), S. 127–130.
- Ellis, E.; Tharanon, W.; Gambrell, K. (1992): Accuracy of face-bow transfer: effect on surgical prediction and postsurgical result. In: *J. Oral Maxillofac. Surg.* 50 (6), S. 562–567.
- Ercoli, C.; Graser, G. N.; Tallents, R. H.; Galindo, D. (1999): Face-bow record without a third point of reference: theoretical considerations and an alternative technique. In: *J Prosthet Dent* 82 (2), S. 237–241.
- Farias-Neto, A.; Dias, A H M; de Miranda, B F S; de Oliveira, A R (2013): Face-bow transfer in prosthodontics: a systematic review of the literature. In: *J Oral Rehabil* 40 (9), S. 686–692.
- Faul, Franz; Erdfelder, Edgar; Buchner, Axel; Lang, Albert-Georg (2009): Statistical power analyses using G\*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. In: *Behavior research methods* 41 (4), S. 1149–1160.
- Fereday, R. C. (1994): Francis Balkwill and the physiology of mastication. In: *British Dental Journal* 176 (10), S. 386–393.
- Ferrario, V. F.; Sforza, C.; Colombo, A.; Carvajal, R.; Duncan, V.; Palomino, H. (1999): Dental arch size in healthy human permanent dentitions: ethnic differences as assessed by discriminant analysis. In: *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery* 14 (2), S. 153–162.
- Ferrario, Virgilio F.; Sforza, Chiarella; Serrao, Graziano; Schmitz, Johannes H. (2002): Three-dimensional assessment of the reliability of a postural face-bow transfer. In: *J Prosthet Dent* 87 (2), S. 210–215.

- Firtell, D. N.; Finzen, F. C.; Holmes, J. B. (1987): The effect of clinical remount procedures on the comfort and success of complete dentures. In: *J Prosthet Dent* 57 (1), S. 53–57.
- Fox, S. S. (1967): The significance of errors in hinge axis location. In: *J Am Dent Assoc* 74 (6), S. 1268–1272.
- Freesmeyer, W. B.; Luckenbach, A.; Müller, T.; Hüls, A. (1984): Vergleichende Untersuchung zwischen mechanisch und elektronisch registrierter Unterkieferbewegung in Beziehung zur Gelenktopographie. In: *Dtsch Zahnarzt Z* 39 (11), S. 870–875.
- Galanis, Aurelija; Ali, Mohsin; Belles, Donald; Koeppen, Raymond G. (2013): A comparison of facebow and dentofacial analyzer mountings. In: *Tex Dent J* 130 (10), S. 1047–1053.
- Gärtner, Christian (2003): Der virtuelle Artikulator "DentCAM". Evaluation und Konzepte zur praktischen Realisierung. Greifswald: Universitätsbibliothek.
- Gausch, K. (1970): Zentralstiftbißnahme für Totalprothetik in der frequentierten Praxis. In: *Dtsch Zahnarzt Z* 25 (2), S. 225–230.
- Gold, B. R.; Setchell, D. J. (1983): An investigation of the reproducibility of face-bow transfers. In: *J Oral Rehabil* 10 (6), S. 495–503.
- Gonzales, J.B.; Kingery, R.H. (1968): Evaluation of planes of reference for orienting maxillary casts on articulators. In: *J Am Dent Assoc (Journal of the American Dental Association)* 76 (2), S. 329–336.
- Gordon, S. R.; Stoffer, W. M.; Connor, S. A. (1984): Location of the terminal hinge axis and its effect on the second molar cusp position. In: *J Prosthet Dent* 52 (1), S. 99–105.
- Goska, J. R.; Christensen, L. V. (1988): Comparison of cast positions by using four face-bows. In: *J Prosthet Dent* 59 (1), S. 42–44.
- Gowri, N.; Gopichander, N.; Solomon, E. (2008): The Facar Concept. In: *The Internet Journal of Dental Science* 7 (2).
- Gysi, Alfred (1910): The problem of articulation. Philadelphia: S.S. White Dental Manufacturing Co.
- Hanau, R. L. (1930): Full denture prosthesis, intraoral technique for articulator model H. 4. Aufl. Buffalo, N.Y.: R.L. Hanau.
- Harrison, A.; Huggett, R.; Murphy, W. M. (1990): Complete denture construction in general dental practice: an update of the 1970 survey. In: *Br Dent J* 169 (6), S. 159–163.
- Helkimo, M.; Ingervall, B.; Carlsson, G. E. (1973): Comparison of different methods in active and passive recording of the retruded position of the mandible. In: *Scand J Dent Res* 81 (4), S. 265–271.



- Hellmann, D.; Schindler, H. J. (2013): Stellenwert der Achsiographie im Rahmen prothetischer Rehabilitationen. In: *ZMK* 29 (6), S. 378–380.
- Heydecke, Guido; Akkad, Ahmed Shadi; Wolkewitz, Martin; Vogeler, Michael; Türp, Jens C.; Strub, Joerg R. (2007): Patient ratings of chewing ability from a randomised crossover trial: lingualised vs. first premolar/canine-guided occlusion for complete dentures. In: *Gerodontology* 24 (2), S. 77–86.
- Heydecke, Guido; Vogeler, Michael; Wolkewitz, Martin; Türp, Jens C.; Strub, Joerg R. (2008): Simplified versus comprehensive fabrication of complete dentures: patient ratings of denture satisfaction from a randomized crossover trial. In: *Quintessence Int* 39 (2), S. 107–116.
- Hickey, J. C.; Henderson, D.; Straus, R. (1969): Patient response to variations in denture technique. I. Design of a study. In: *J Prosthet Dent* 22 (2), S. 158–170.
- Ho, G. F.; Leung, S. F. (1992): Replace axis-orbital pointer with level pointer in facebow transfer. In: *J Prosthet Dent* 68 (6), S. 982.
- Hobo, S.; Shillingburg, H. T.; Whitsett, L. D. (1976): Articulator selection for restorative dentistry. In: *J Prosthet Dent* 36 (1), S. 35–43.
- Hofmann, M. (1979): Die sogenannte "Campersche" Ebene als Bezugsebene für den Aufbau der künstlichen Zahnreihen. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 34 (8), S. 606–608.
- Hofmann, M.; Pröschel, P. (1978): Geometrisch-mathematische Analyse von Übertragungsfehlern in den Artikulator und deren praktische Auswirkungen. Teil 2. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 33 (8), S. 529–539.
- Holt, J. E. (1977): Research on remounting procedures. In: *J Prosthet Dent* 38 (3), S. 338–341.
- Horn, R.; Opitz, H. (1985a): Untersuchungen zur Achsendifferenz bei Modellmontagen im Artikulator nach dem Bonwillschen Dreieck und nach Gesichtsbogenübertragung. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 40 (3), S. 218–220.
- Horn, R.; Opitz, H. (1985b): Zur Relation zwischen Kiefergröße und Modellposition im Artikulator. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 40 (3), S. 221–223.
- Hugger, A.; Türp, J. C.; Pröschel, P.; Strub, J. R.; Stüttgen, U. (2001): Die Anwendung von Gesichtsbögen in der restaurativen Therapie und Funktionsdiagnostik — welches Evidenzniveau liegt vor? In: *Dtsch Zahnarztl Z* 56 (11), S. 671–675.
- Hützen, D.; Rebau, M.; Kordass, B. (2006): Clinical reproducibility of GEDAS--"Greifswald Digital Analyzing System" for displaying occlusal contact patterns. In: *Int J Comput Dent* 9 (2), S. 137–142.
- Jamieson, C. H. (1956): A modern concept of complete dentures. In: *J Prosthet Dent* 6 (5), S. 582–592.

- Jankelson, B. (1962): Adjustment of dentures at time of insertion and alterations to compensate for tissue change. In: *J Am Dent Assoc* 64, S. 521–531.
- John, Mike T.; Hirsch, Christian; Reiber, Thomas; Dworkin, Samuel f. (2006): Translating the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders into German: evaluation of content and process. In: *Journal of orofacial pain* 20 (1), S. 43–52.
- Jones, P. M. (1962): Eleven aids for better complete dentures. In: *J Prosthet Dent* 12 (2), S. 220–228.
- Jung, K. T. (1984): A study of the hinge axis point. In: *J Korean Acad Prosthodont* 22 (1), S. 72–78.
- Kaán, M. (1968): Untersuchung und Bewertung der Lage von Kauebene und okklusalen Zahnoberflächen zur Ohr-Nasen-Ebene vom prothetischen Gesichtspunkt. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 23 (4), S. 449–459.
- Kawai, Yasuhiko; Murakami, Hiroshi; Shariati, Batoul; Klemetti, Esa; Blomfield, John V.; Billette, Lucie et al. (2005): Do traditional techniques produce better conventional complete dentures than simplified techniques? In: *J Dent* 33 (8), S. 659–668.
- Kawai, Yasuhiko; Murakami, Hiroshi; Takanashi, Yoshiaki; Lund, James P.; Feine, Jocelyne S. (2010): Efficient resource use in simplified complete denture fabrication. In: *J Prosthodont* 19 (7), S. 512–516.
- Kobs, Giedre; Didziulyte, Asta; Kirlys, Robertas; Stacevicius, Mindaugas (2007): Reliability of ARCUSdigma (KaVo) in diagnosing temporomandibular joint pathology. In: *Stomatologija / issued by public institution "Odontologijos studija" ... [et al.]* 9 (2), S. 47–55.
- Koller, M.; Ludwig, J.; Voss, R. (1983): Streubereiche von Handbißnahme und Stützstiftregistrierung. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 38 (1), S. 40–43.
- Körber, E. (1971): Grundlagen der funktionellen Gebißanalyse. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 26 (2), S. 98–103.
- Körholz, Karl-Heinz (1999): Totalprothetik in Funktion. Hilfestellung zum Verständnis und Erlernen totalprothetischer Grundsätze. Berlin: Quintessenz (Quintessenz-Bibliothek).
- Kotwal, K. R. (1979): The need to use an arbitrary face-bow when remounting complete dentures with interocclusal records. In: *J Prosthet Dent* 42 (2), S. 224–227.
- Krueger, G. E.; Schneider, R. L. (1986): A plane of orientation with an extracranial anterior point of reference. In: *J Prosthet Dent* 56 (1), S. 56–60.

- Kubrak, J. (1998): Analiza porównawcza pacjentów z bezzebiem leczonych metoda tradycyjna i przy użyciu łuku twarzowego i artykulatora Quick Master. In: *Ann Acad Med Stetin* 44, S. 237–249.
- Kühl, W. (1967): Geometrie der scharnieryelenkbezüglichen Modellorientierung. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 22 (7), S. 873–875.
- Kühl, W. (1970): Okklusion und Artikulation in der Totalprothetik. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 25 (2), S. 218–222.
- Lauritzen, Arne G.; Bodner, George H. (1961): Variations in location of arbitrary and true hinge axis points. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 11 (2), S. 224–229.
- Lazzari, John B. (1955): Application of the Hanau Model “C” face-bow. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 5 (5), S. 626–628.
- Leukhardt, M. (2010): Übertragung ästhetisch relevanter Bezugslinien des Gesichts in den Artikulator. In: *Zeitschrift für Kraniomandibuläre Funktion* 2 (4), S. 311–328.
- Loudon, J. K.; Ruhl, M.; Field, E. (1997): Ability to reproduce head position after whiplash injury. In: *Spine* 22 (8), S. 865–868.
- Lynch, C. D.; Singhrao, H.; Addy, L. D.; Gilmour, A S M (2010): The teaching of fixed partial dentures in undergraduate dental schools in Ireland and the United Kingdom. In: *J Oral Rehabil* 37 (12), S. 908–915.
- Morneburg, T. R.; Hugger, A.; Türp, J. C.; Schmitter, M.; Utz, K. H.; Freesmeyer, B. E.; Rammelsberg, P. (2010): Anwendung des Gesichtsbogens beim funktionsgesunden Patienten im Rahmen restaurativer Maßnahmen. Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V. (DGPro) (vormals DGZPW). In: *Dtsch Zahnarztl Z* 65 (11), S. 690–694.
- Morneburg, T. R.; Maul, T.; Pröschel, P. (2000): Probability of horizontal occlusal errors in centric closing about arbitrary axes. Abstract # 3731. In: *J Dent Res* 79 (Special Issue), S. 610.
- Morneburg, Thomas R.; Pröschel, Peter A. (2002): Predicted incidence of occlusal errors in centric closing around arbitrary axes. In: *The International journal of prosthodontics* 15 (4), S. 358–364.
- Morneburg, Thomas R.; Pröschel, Peter A. (2011): Impact of arbitrary and mean transfer of dental casts to the articulator on centric occlusal errors. In: *Clin Oral Investig* 15 (3), S. 427–434.
- Nairn, R. I. (1994): The position and function of the mandibular hinge axis. In: *Aust Prosthodont J* 8, S. 19–22.

- Nascimento, D. F. F.; Patto, R. B. L.; Marchini, L.; Prisco da Cunha, V. P. (2004): Double-blind study for evaluation of complete denture made by two techniques with and without face-bow. In: *Braz J Oral Sci* 3 (9), S. 439–445.
- Nattestad, A.; Vedtofte, P. (1992): Mandibular autorotation in orthognathic surgery: a new method of locating the centre of mandibular rotation and determining its consequence in orthognathic surgery. In: *J Craniomaxillofac Surg* 20 (4), S. 163–170.
- Nazir, Nazia; Sujesh, M.; Kumar, Ravi; Sreenivas, P. (2012): Accuracy of two face-bow/semi-adjustable articulator systems in transferring the maxillary occlusal cant. In: *Indian J Dent Res* 23 (4), S. 437–442.
- Nicol, B. R.; Somes, G. W.; Ellinger, C. W.; Unger, J. W.; Fuhrmann, J. (1979): Patient response to variations in denture technique. Part II: five-year cephalometric evaluation. In: *J Prosthet Dent* 41 (4), S. 368–372.
- Obrez, A.; Stohler, C. S. (1996): Jaw muscle pain and its effect on gothic arch tracings. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 75 (4), S. 393–398.
- O'Malley, A. M.; Milosevic, A. (2000): Comparison of three facebow/semi-adjustable articulator systems for planning orthognathic surgery. In: *Br J Oral Maxillofac Surg* 38 (3), S. 185–190.
- Palik, J. F.; Nelson, D. R.; White, J. T. (1985): Accuracy of an earpiece face-bow. In: *J Prosthet Dent* 53 (6), S. 800–804.
- Piehslinger, E.; Bauer, W.; Schmiedmayer, H. B. (1995): Computer simulation of occlusal discrepancies resulting from different mounting techniques. In: *J Prosthet Dent* 74 (3), S. 279–283.
- Pitchford, J. H. (1991): A reevaluation of the axis-orbital plane and the use of orbitale in a facebow transfer record. In: *J Prosthet Dent* 66 (3), S. 349–355.
- Preston, J. D. (1979): A reassessment of the mandibular transverse horizontal axis therapy. In: *J Prosthet Dent* 41 (6), S. 605–613.
- Pröschel, P.; Morneburg, T.; Goedecke, U. (1995): Okklusale Fehler bei Mittelwerteinstellung im Artikulator. In: *Zahnärztl Mitt* 85 (18), S. 49–54.
- Pröschel, P. A.; Maul, T.; Morneburg, T. (2000): Predicted incidence of excursive occlusal errors in common modes of articulator adjustment. In: *Int J Prosthodont* 13 (4), S. 303–310.
- Ramfjord, S. P. (1971): Die Voraussetzungen für eine ideale Okklusion. In: *Dtsch Zahnärztl Z* 26 (2), S. 106–113.
- Renner, R. P.; Lau, V. M. (1976): Hinge-axis location and face-bow transfer for edentulous patients. In: *J Prosthet Dent* 35 (3), S. 352–356.
- Rosbach, A. (1968): Untersuchungen zur Anwendung von Mittelwertartikulatoren. In: *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift* 23 (12), S. 1398–1400.

- Roszbach, A. (1970): Auswirkungen von Fehlregistrierungen der Interkondylarachse auf die Reproduktionsgenauigkeit von Artikulationsbewegungen. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 25 (2), S. 222–225.
- Sabes, W. R.; Ellinger, C. W.; Tucker, S. R.; Somes, G.; Unger, J. W.; Fuhrman, J. (1981): Patient response to variations in denture technique. Part V: Microscopic response of the oral mucosa. In: *J Prosthet Dent* 45 (1), S. 11–13.
- Schallhorn, Robert G. (1957): A study of the arbitrary center and the kinematic center of rotation for face-bow mountings. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 7 (2), S. 162–169.
- Schlosser, R. O. (Hg.) (1942): Complete Denture Prosthesis Dentistry. 7. Aufl. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Schrems, H. T.; Mottl, W. (1976): Über die Reproduzierbarkeit okklusaler Kontakte im Dentatus- und Stuart-Artikulator. Jahrestagung der DGZMK. Stuttgart, 29.10.1976.
- Schulte, J. K.; Rooney, D. J.; Erdman, A. G. (1984): The hinge axis transfer procedure: a three-dimensional error analysis. In: *J Prosthet Dent* 51 (2), S. 247–251.
- Schunke, S. (2012): Die Gesichtsbogenübertragung. Eine persönliche Betrachtung der Problematik. In: *Quintessenz Zahntech* 38 (3), S. 2–18.
- Schwahn, B.; Kordaß, B. (1997): Clinical effect of individual mounting in an adjustable articulator. Vortragsabstract. European Prosthodontic Association. Kopenhagen, 1997.
- Schwarz, W. D. (1983): The importance of face-bow recordings. In: *J Prosthet Dent* 50 (1), S. 133–134.
- Seiler, F.; Hupfaut, L. (1973): Untersuchung über die Reproduzierbarkeit der terminalen Scharnierachsenpunkte. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 28 (7), S. 775–780.
- Shigli, Kamal; Angadi, Gangadhar Shivappa; Hegde, Pradnya (2008): The effect of remount procedures on patient comfort for complete denture treatment. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 99 (1), S. 66–72.
- Shodadai, S. P.; Türp, J. C.; Gerds, T.; Strub, J. R. (2001): Is there a benefit of using an arbitrary facebow for the fabrication of a stabilization appliance? In: *Int J Prosthodont* 14 (6), S. 517–522.
- Simpson, J. W.; Hesby, R. A.; Pfeifer, D. L.; Pelleu, G. B. (1984): Arbitrary mandibular hinge axis locations. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 51 (6), S. 819–822.
- Slavicek, R. (1978): Über die Auswirkung von Achseninkongruenzen zwischen schädelgerecht montierten Oberkiefermodellen und schädelbezüglich montierten Unterkiefermodellen. In: *Öst Z Stomatol* 75 (9), S. 318–326.

- Solnit, A.; Curnutte, D. C. (Hg.) (1988): Occlusal correction. Principles and practice. 2. Aufl. Chicago: Quintessence Pub Co.
- Sörgel, W. (1978): Okklusale Differenzen bei fehlregistrierten Scharnierachsenpunkten. Tübingen: Universitätsbibliothek.
- Stade, E. H.; Hanson, J. G.; Baker, C. L. (1982): Esthetic considerations in the use of face-bows. In: *J Prosthet Dent* 48 (3), S. 253–256.
- Staehele, H. J. (1983): Untersuchung über die Reproduzierbarkeit unterschiedlicher Bißnahmetechniken. In: *Dtsch Zahnärztl Z* 38 (6), S. 617–620.
- Stansbery, C. J. (1928): The futility of the face-bow. In: *J Am Dent Assoc (Journal of the American Dental Association)* 15 (8), S. 1467–1472.
- Starcke, Edgar N. (2001): The history of articulators: from facebows to the gnathograph, a brief history of early devices developed for recording condylar movement: Part I. In: *J Prosthodont* 10 (4), S. 241–248.
- Starcke, Edgar N. (2002): The history of articulators: from facebows to the gnathograph, a brief history of early devices developed for recording condylar movement: part II. In: *J Prosthodont* 11 (1), S. 53–62.
- Stiesch-Scholz, M.; Demling, A.; Rossbach, A. (2006): Reproducibility of jaw movements in patients with craniomandibular disorders. In: *Journal of oral rehabilitation* 33 (11), S. 807–812.
- Teteruck, W. R.; Lundeen, H. L. (1966): Accuracy of an ear face-bow. In: *J Prosthet Dent* 16 (6), S. 1039–1046.
- The glossary of prosthodontic terms (1999). In: *J Prosthet Dent* 81 (1), S. 39–112.
- Thorp, E. R.; Smith, D. E.; Nicholls, J. I. (1978): Evaluation of the use of a face-bow in complete denture occlusion. In: *J Prosthet Dent* 39 (1), S. 5–15.
- Tryde, G.; Frydenberg, O.; Brill, N. (1962): An assessment of the tactile sensibility in human teeth. An evaluation of a quantitative method. In: *Acta Odontol. Scand.* 20, S. 233–256.
- Tuncay, O. C.; Thomson, S.; Abadi, B.; Ellinger, C. (1984): Cephalometric evaluation of the changes in patients wearing complete dentures. A ten-year longitudinal study. In: *J Prosthet Dent* 51 (2), S. 169–180.
- Utz, K. H.; Bernard, N.; Hültenschmidt, R.; Wegmann, U.; Huntebrinker, W. (1991): Reproduzierbarkeit der Pfeilwinkelregistrierung bei der Remontage von Totalprothesen. In: *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 101 (4), S. 438–444.
- Utz, K. H.; Bernard, N.; Hültenschmidt, R.; Wegmann, U.; Kurbel, R. (1993): Reproduzierbarkeit der Handbißnahme bei Totalprothesenträgern. In: *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 103 (5), S. 561–566.

- Utz, K. H.; Schmitter, M.; Freesmeyer, W. B.; Morneburg, T.; Hugger, A.; Türp, J. C.; Rammelsberg, P. (2010): Kieferrelationsbestimmung. Seite 1 von 19  
Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V. (vormals DGZPW). In: *Dtsch Zahnarztl Z* 65 (12), S. 766–775.
- Utz, K.-H.; Bernard, N.; Hültenschmidt, R.; Wegmann, U.; Huntebrinker, W. (1992): Reproduzierbarkeit der Pfeilwinkelregistrierung bei Vollbezahnten in Abhängigkeit vom Registratmaterial. In: *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102 (3), S. 299–307.
- v. Hesler, H.; Hofmann, M.; Pröschel, P. (1977): Geometrisch-mathematische Analyse von Übergangsfehlern in den Artikulator und deren praktische Auswirkungen. In: *Dtsch Zahnarztl Z* 32 (8), S. 599–605.
- Veeraiyan, Deepak Nallaswamy; Ramalingam, Karthikeyan; Bhat, Vinaya (2003): Textbook of prosthodontics. 1. Aufl. New Delhi: Jaypee Brothers.
- Walker, P. M. (1980): Discrepancies between arbitrary and true hinge axes. In: *J Prosthet Dent* 43 (3), S. 279–285.
- Wang, M-Q; Xue, F.; Chen, J.; Fu, K.; Cao, Y.; Raustia, A. (2008): Evaluation of the use of and attitudes towards a face-bow in complete denture fabrication: a pilot questionnaire investigation in Chinese prosthodontists. In: *J Oral Rehabil* 35 (9), S. 677–681.
- Weinberg, Lawrence A. (1959): The transverse hinge axis: Real or imaginary. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 9 (5), S. 775–787.
- Weinberg, Lawrence A. (1961): An evaluation of the face-bow mounting. In: *The Journal of Prosthetic Dentistry* 11 (1), S. 32–42.
- Zakaria, M. R.; Al-Huwaizi, H. F.; Alnakkash, W. A. (2011): A comparison between arbitrary and kinematicmandibular hinge axis location in full mouth rehabilitationpatients (An in vivo study). In: *J Bagh College Dentistry* 23 (4), S. 20–23.
- Zimmer, B.; Keese, E.; Kubein-Meesenburg, D. (1989): Reliabilität von achsiographischen Auffälligkeiten. In: *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 99 (12), S. 1386–1391.
- Zuckerman, G. R. (1982): The geometry of the arbitrary hinge axis as it relates to the occlusion. In: *J Prosthet Dent* 48 (6), S. 725–733.
- Zuckerman, G. R. (1985): Practical considerations for using the face-bow for complete denture prosthodontics. In: *J Prosthet Dent* 53 (2), S. 219–221.

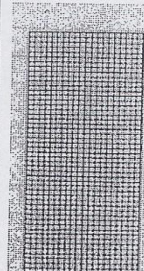
## 11 Anhang

## 11.1 Tabellen und Protokolle

Protokoll 11.1: Mit Hilfe des RDC/TMD-Fragebogens wurden die Probanden im Vorfall auf mögliche craniomandibuläre Dysfunktionen untersucht.

**Untersuchungsbogen nach RDC**

Patient \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ VAS

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <b>Alter:<br/>Geschlecht</b>  |   | <input type="checkbox"/> 0 männlich<br><input type="checkbox"/> 1 weiblich   |   |
| <b>1. Auf welcher Seite Ihres Gesichtes haben Sie Schmerzen?</b>      | Kein Schmerz<br>Rechts<br>Links<br>Beide  | <input type="checkbox"/> 1<br><input type="checkbox"/> 2<br><input type="checkbox"/> 3<br><input type="checkbox"/> 4   |   |
| <b>2. Können Sie den schmerzhaften Bereich mit dem Finger zeigen?</b> | Kein Schmerz<br>Kiefergelenk<br>Muskulatur<br>Beides  | Rechts<br><input type="checkbox"/> 0<br><input type="checkbox"/> 1<br><input type="checkbox"/> 2<br><input type="checkbox"/> 3   | Links<br><input type="checkbox"/> 0<br><input type="checkbox"/> 1<br><input type="checkbox"/> 2<br><input type="checkbox"/> 3 |
| <b>3. Öffnungsbewegung</b>  | Gerade<br>Deflektion n. rechts<br>Deviation n. rechts<br>Deflektion n. links<br>Deviation n. links<br>Anderer Typ | <input type="checkbox"/> 0<br><input type="checkbox"/> 1<br><input type="checkbox"/> 2<br><input type="checkbox"/> 3<br><input type="checkbox"/> 4<br><input type="checkbox"/> 5 |   |

|                            | Bewegung in mm | Muskelschmerzen |             |            |            | Gelenkschmerzen |             |            |            |
|----------------------------|----------------|-----------------|-------------|------------|------------|-----------------|-------------|------------|------------|
|                            |                | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 |
| a. SKD aktiv (schmerzfrei) |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| b. SKD aktiv (maximal)     |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| c. SKD passiv (maximal)    |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| d. Overbite                |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| e. Overjet                 |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |

|                             |                              |                            |                            |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>5. Gelenkgeräusche</b>   | <b>a beim Öffnen</b>         | Rechts                     | Links                      |
|                             | Keine                        | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 0 |
|                             | Knacken                      | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 1 |
|                             | starkes Reiben               | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 2 |
|                             | feines Reiben                | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 3 |
|                             | Öffnungsknacken bei _____ mm | _____ mm                   | _____ mm                   |
| <b>b beim Schließen</b>     | Rechts                       | Links                      |                            |
| Keine                       | <input type="checkbox"/> 0   | <input type="checkbox"/> 0 |                            |
| Knacken                     | <input type="checkbox"/> 1   | <input type="checkbox"/> 1 |                            |
| starkes Reiben              | <input type="checkbox"/> 2   | <input type="checkbox"/> 2 |                            |
| feines Reiben               | <input type="checkbox"/> 3   | <input type="checkbox"/> 3 |                            |
| Schließknacken bei _____ mm | _____ mm                     | _____ mm                   |                            |

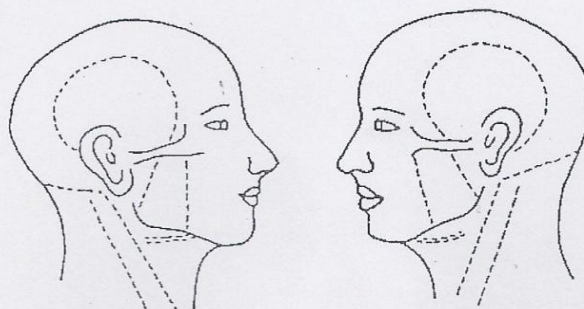
|  |                  |                                      |                                     |
|--|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>5.c Reziprokes Knacken verhindert bei protrusiver Öffnung</b> | Nein             | Rechts<br><input type="checkbox"/> 0 | Links<br><input type="checkbox"/> 0 |
|  | Ja               | <input type="checkbox"/> 1           | <input type="checkbox"/> 1          |
|  | Nicht zutreffend | <input type="checkbox"/> 9           | <input type="checkbox"/> 9          |



| 6. Exkursive Bewegungen |            | Muskelschmerzen |             |            |            | Gelenkschmerzen |             |            |            |
|-------------------------|------------|-----------------|-------------|------------|------------|-----------------|-------------|------------|------------|
|                         | Bew. in mm | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 |
| Laterotrusion re        |            |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| Laterotrusion li        |            |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| Protrusion              |            |                 |             |            |            |                 |             |            |            |

|  |                            |                            |                            |                            |                            |
|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 7. Gelenkgeräusche bei exkursiven Bewegungen | <b>Rechtes KG</b>          | Keine                      | Knacken                    | Grobes Reiben              | Feines Reiben              |
|  | Rechte Laterotrusion       | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
|  | Linke Laterotrusion        | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
|  | Protrusion                 | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
|  | <b>Linkes KG</b>           | Keine                      | Knacken                    | Grobes Reiben              | Feines Reiben              |
|  | Rechte Laterotrusion       | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |
| Linke Laterotrusion                          | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |                            |
| Protrusion                                   | <input type="checkbox"/> 0 | <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 |                            |

| 8. Extraorale Palpation der Muskulatur         | Rechts                  | Links        |
|--|-------------------------|--------------|
| a. Temporalis posteriorer Teil                 | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| b. Temporalis medialer Teil                    | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| c. Temporalis anteriorer Teil                  | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| d. Masseterursprung                            | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| e. Masseterbauch                               | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| f. Masseteransatz                              | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| g. Regio retromandibularis                     | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| f. Regio submandibularis                       | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| <b>8 a Kopfhalmuskulatur</b>                   |                         |              |
| g. M. suboccipitalis                           | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| h. M. trapezius                                | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| i. M. sternocleidomastoideus                   | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| j. suprahyoidale Muskulatur (isometrisch)      | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| <b>9. Palpation des Kiefergelenkes</b>         | <b>Rechts</b>           | <b>Links</b> |
| a. Lateraler Kondylenpol                       | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| b. Posteriorer Kondylenpol                     | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| <b>10. Intraorale Palpation der Muskulatur</b> | <b>Rechts</b>           | <b>Links</b> |
| a. M. pterygoideus lateralis (isometrisch)     | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
| b. Temporalissehne (palpatorisch)              | 0 1 2 3                 | 0 1 2 3      |
|  | Kein leicht mäßig stark |              |



ausstrahlend = /

**11. Zahnstatus**

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

**12 Manuelle Strukturanalyse:**

**12.1 Kompression /Traktion in Statik**

0 = unauffällig, 1 = Missempfindung, 2 = Schmerz

|                          | re | li |
|--------------------------|----|----|
| Kompression nach kranial |    |    |
| Kompression nach retral  |    |    |
| Traktion nach kaudal     |    |    |
| Traktion nach anterior   |    |    |

**12.2 Mobilität des Kopfes**

|             | limitiert | schmerzh. |
|-------------|-----------|-----------|
| Rotation    |           |           |
| Seitflexion |           |           |
| Inklination |           |           |
| Extension   |           |           |

**13 Horizontale Kieferrelation /**

HO  stabil  instabil

IKP = ZO  ja  nein

Gleiten ZO / HO

li  mm re  mm sagittal  mm

**14 statische Okklusion**

(+ = Kontakt, +- = schwacher Kontakt, - = kein Kontakt, x = fehlender Zahn)  
HO = habituelle Okklusion, ZO = zentrische Okklusion

| Z |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| H |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| O |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

**15. Oralmedizin**

Attritionen

| O |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|   | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| U |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| K |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

keilförmige Defekte.....

Zungenimpressionen

Wangenimpressionen

Erosionen

Schleimhautbefunde:.....

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

**16 Verdachtsdiagnose (n)**

**17 Weitere Diagnostische Maßnahmen**

- Graded Chronic Pain Status
- Instrumentelle Okklusionsanalyse
- Konsiliarische Untersuchung
  - MRT
  - CT
  - Arthroskopie
  - KFO
  - MKG
  - HNO
  - Orthopädie
  - Rheumatologie
  - innere Medizin
  - Neurologie
  - Psychosomatik / Psychologe
  - andere .....

**18 Therapiemaßnahmen / initial**

- Okklusionsschiene / Art .....
- Physikalische Therapie
  - Massage
  - Wärme-  Kältetherapie
  - manuelle Therapie
  - Bewegungsübungen
- medikamentöse Therapie
- Entspannungsübungen
- andere .....

**19 Weitere Therapie**

- Einschleifmaßnahmen
- restaurative / prothetische Maßnahmen
- Dauerschiene
- Psychosomatische Therapie
- KFO
- MKG
- Schmerztherapie
- andere .....

Nachuntersuchung vom .....

| Vertikaler Bewegungsumfang | Bewegung in mm | Muskelschmerzen |             |            |            | Gelenkschmerzen |             |            |            |
|----------------------------|----------------|-----------------|-------------|------------|------------|-----------------|-------------|------------|------------|
|                            |                | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 |
| a. SKD aktiv (schmerzfrei) |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| b. SKD aktiv (maximal)     |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| c. SKD passiv (maximal)    |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |

**Aktuelle Schmerzstärke**

|              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------|
| 0            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                              |
| Kein Schmerz |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Stärkster vorstellbarer Schmerz |

Nachuntersuchung vom .....

| Vertikaler Bewegungsumfang | Bewegung in mm | Muskelschmerzen |             |            |            | Gelenkschmerzen |             |            |            |
|----------------------------|----------------|-----------------|-------------|------------|------------|-----------------|-------------|------------|------------|
|                            |                | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 | Keine<br>0      | Rechts<br>1 | Links<br>2 | Beide<br>3 |
| a. SKD aktiv (schmerzfrei) |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| b. SKD aktiv (maximal)     |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |
| c. SKD passiv (maximal)    |                |                 |             |            |            |                 |             |            |            |

**Aktuelle Schmerzstärke**

|              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                 |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------------------|
| 0            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                              |
| Kein Schmerz |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Stärkster vorstellbarer Schmerz |

Anhang

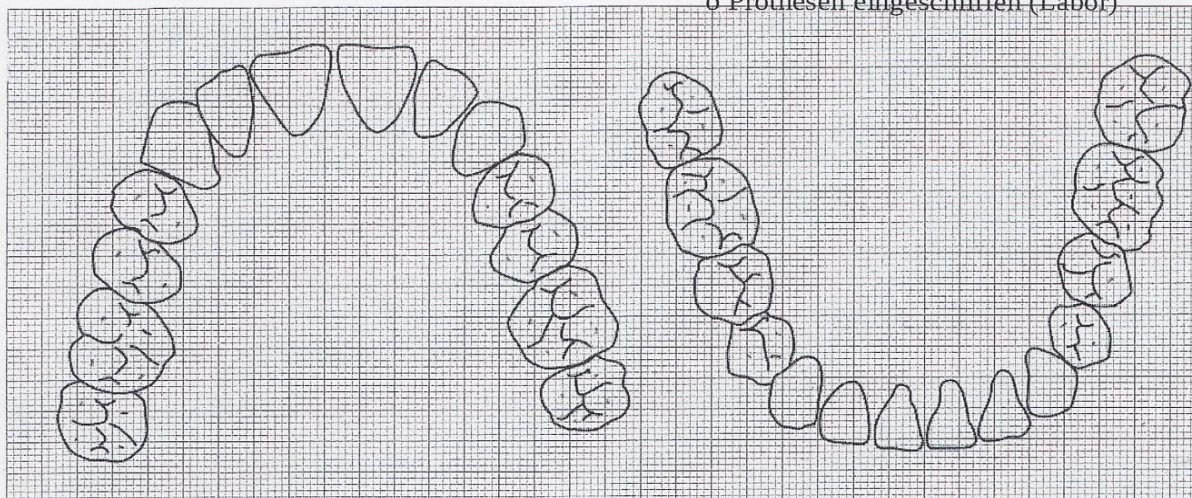
Protokoll 11.2: Das in der Studie verwendete Okklusionsprotokoll diente der Dokumentation der statischen und dynamischen Okklusion zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen.

Gesichtsbogenstudie, Charité, CC3, Zahnärztliche Prothetik

Patient:

Datum:

- Okklusionsprotokoll:**
- Ausgangsbefund(klin.)
  - Eingeschliffen (klin.)
  - Nachuntersuchung(klin.)
  - Ausgangsbefund (Labor)
  - Modelle mittelwertig
  - Modelle arbiträr
  - Modelle indiv. Scharnierachse
  - Prothesen eingeschliffen (Labor)



|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |

- + Shimstockfolie hält
- 0 Schleifkontakt
- Shimstockfolie hält nicht

Summe der Okklusionspunkte:.....

|                                     |   |   |     |
|-------------------------------------|---|---|-----|
| Okklusionsmuster                    | + | - |     |
| Eckzahnführung                      |   |   | li. |
|                                     |   |   | re. |
| Gruppenführung unilateral           |   |   | li. |
|                                     |   |   | re. |
| Gruppenführung beidseits balanciert |   |   | li. |
|                                     |   |   | re. |
| Frontzahnführung                    |   |   | li. |
|                                     |   |   | re. |

Studienleiter: Dr. Guido Sterzenbach

## Anhang

Tab. 11.1: Zusammenstellung klinischer Studien aus der bestehenden Literatur, die den Nutzen des Gesichtsbogens bei der Herstellung von Totalprothesen und Aufbisschienen untersuchen, wobei dieser durch eine Kontrollgruppe, die unter anderem auf den Gesichtsbogen verzichtete, ermittelt werden konnte. TO= Totalprothese Oberkiefer, TU=Totalprothese Unterkiefer, N\*= Anzahl der Probanden. Die Zusammenstellung der Studien ist an die Übersichtsdarstellung von Farias-Neto et al. (2013) angelehnt.

| <b>Autor</b>             | <b>Studiendesign</b>  | <b>N*</b> | <b>Untersuchte Faktoren</b>  | <b>Ergebnisse</b>   |
|--------------------------|---|-----------|--|---|
| Ellinger et al. (1979)   | Einfach verblindet; Herstellung von Totalprothesen (TO/TU) Patienten seit mind. 1 Jahr unbezahlt  | 64        | Übereinstimmung der zentrischen Relation mit der zentrischen Okklusion, Prothesenhalt/-Stabilität, Zustand des Prothesenlagers   | Keine Unterschiede  |
| Shodadai et al. (2001)   | Herstellung von Aufbisschienen beim Vollbezahnten mit Bruxismus   | 20        | Anzahl der intraoralen Okklusionspunkte, sowie benötigte klinische Zeit, um die Schienen zu adjustieren.   | Keine Unterschiede  |
| Nascimento et al. (2004) | Doppelt verblindet (cross-over); Herstellung von Totalprothesen (TO/TU)   | 5         | Anzahl der intraoralen Okklusionskontakte in der zentrischen Relation, Patientenzufriedenheit  | Höhere Patientenzufriedenheit, sowie größere Anzahl an okklusalen Kontakten in der zentrischen Relation, sowie der linken Laterotrusion ohne GB, bessere Ästhetik ohne GB |
| Kawai et al. (2005)      | Einfach verblindet; Herstellung von Totalprothesen (TO/TU) Patient hat zumindest mit einer Prothese Schwierigkeiten Ausschluss bei CMD, Xerostomie, oro-faziale Störungen, psychologische, sowie psychiatrische Störungen | 122       | Patientenzufriedenheit bezüglich des Komforts, Stabilität, Ästhetik, Sprache, Reinigung, Kauvermögens, sowie des generellen Wohlbefindens. Außerdem wurde die Qualität der Totalprothesen bewertet | Keine Unterschiede  |
| Heydecke et al. (2007)   | Einfach verblindet (cross-over); Herstellung von Totalprothesen (TO/TU) Patient benötigt einen neuen Satz TO/TU Ausschluss bei CMD, Xerostomie, oro-faziale Störungen, psychologische, sowie psychiatrische Störungen     | 22        | Patientenzufriedenheit bezüglich der Ästhetik, Kau- und Sprachvermögens, Halts   | Das Kauvermögen bezüglich Karotten, harter Wurst und Äpfeln ohne Gesichtsbogen signifikant besser.  |
| Heydecke et al. (2008)   | Einfach verblindet (cross-over); Herstellung von Totalprothesen (TO/TU) Patient benötigt einen neuen Satz TO/TU Ausschluss bei CMD, Xerostomie, oro-faziale Störungen, psychologische, sowie psychiatrische Störungen     | 20        | Patientenzufriedenheit bezüglich des Komforts, Sprache, Stabilität, Reinigung, Kauvermögens, sowie des generellen Wohlbefindens.   | Das allgemeine Wohlbefinden, sowie das Kauvermögen und die Ästhetik ohne Gesichtsbogen signifikant besser eingestuft.   |

## Anhang

|                     |   |     |   |  |
|---------------------|---|-----|---|--|
| Kawai et al. (2010) | Einfach verblindet; Herstellung von Totalprothesen (TO/TU) Patient hat zumindest mit einer Prothese Schwierigkeiten   | 112 | Herstellungskosten, sowie klinische Behandlungszeit | Die durchschnittlichen Laborkosten waren bei der Gesichtsbogen-Variante signifikant höher. Zusätzlich dauerte die Behandlungszeit bei dieser Methode 82 Minuten länger |
| Cunha et al. (2013) | Einfach verblindet; Herstellung von Totalprothesen (TO/TU) Patienten mindestens ein Jahr unbezahlt. Ausschluss bei Störungen des Kauvermögens, pathologische Veränderungen der Prothesenlagers, sowie hemmende systemische Erkrankung | 42  | Untersuchung des Kauvermögens                       | Besseres Kauvermögen ohne Gesichtsbogen.   |

## 12 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Iven Helm, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

„Qualitätssichernder/qualitätsverbessernder Effekt eines Gesichtsbogens auf die statische Okklusion bei der vertikalen Kieferrelationsänderung. Eine randomisierte klinische Untersuchung.“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

## **13 Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.



## 14 Danksagung

Mein Dank im Zusammenhang mit dieser Arbeit gilt einer Vielzahl von Personen, ohne deren Unterstützung eine solche Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Mein besonderer Dank gilt:

...meiner Doktormutter Frau PD Dr. Peroz für die zahlreichen konstruktiven Hinweise und die umgehende Erstellung des Erstgutachtens.

...meinem Betreuer Herrn Dr. Sterzenbach für die Überlassung des Themas dieser Dissertation und die hervorragende Unterstützung und zahlreichen wertvollen Hinweise und Ratschläge während der wissenschaftlichen Betreuung.

...Frau Dr. Kölpin für ihre jederzeit gewährte Unterstützung und Ideen in fachlichen Belangen, sowie ihren aufbauenden Worten.

...Herrn Dr. Blankenstein und Frau Dr. Zorn, für die Unterstützung während der Patientenuntersuchung und –Betreuung.

...Herrn Prof. Dr. Skarabis für die Erstellung der Statistik.

...unserer Zahntechnikerin Frau Lück, für die unermüdlichen Einschleifmaßnahmen der Prothesen im Labor.

...unserem Photographen Herrn Hoey, für sämtliche bildliche Darstellungen, die in dieser Arbeit vorkommen.

...Herrn Oliver Krause für die Erstellung der gedruckten Versionen.

Widmen möchte ich diese Arbeit meiner Maria sowie meiner Mutter und meiner Großmutter.