

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. F. Bollmann-

**Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der orientierenden
Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung bei
zahnlosen Patienten anhand des Ivotray- und Centric-Tray- Systems**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Schulte-Kramer, Ulrike

aus

Münster

2006

**Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelm-Universität Münster**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Heribert Jürgens

1. Berichterstatter: PD Dr. Ch. Runte

2. Berichterstatter: PD Dr. D. Dirksen

Tag der mündlichen Prüfung: 30.08.2006

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
- Direktor: Univ.- Prof. Dr. Dr. F. Bollmann-

Referent: PD Dr. Ch. Runte

Koreferent: PD Dr. D. Dirksen

Zusammenfassung

Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der orientierenden Kieferrelationsbestimmung im Rahmen der anatomischen Abformung bei zahnlosen Patienten anhand des Ivotray- und Centric-Tray- Systems

Ulrike Schulte-Kramer

Trotz stetiger Weiterentwicklung stellt die suffiziente Versorgung des zahnlosen Patienten weiterhin hohe Ansprüche an den behandelnden Zahnarzt.

Diese hat insbesondere deshalb einen hohen Stellenwert, da viele unterschiedliche Methoden zur Herstellung von Totalprothesen existieren, die aber alle eine Situationsabformung der zahnlosen Kiefer zur Voraussetzung haben.

In dieser Arbeit wurden zwei Abformsysteme zur Situationsabformung mit orientierender Kieferrelationsbestimmung miteinander verglichen, um zu prüfen, ob beide Systeme – Ivotray-Spezial und Centric-Tray - zu einer vergleichbaren Kieferrelationsbestimmung führen.

Zu diesem Zweck wurde von drei Behandlern jeweils mit beiden Systemen bei neun Probanden eine Situationsabformung und damit auch eine orientierende Kieferrelationsbestimmung durchgeführt. Nach Modellherstellung und Einbringen von Ober- und Unterkiefermodell in einen Artikulator wurde durch das optische Verfahren der Fotogrammetrie die räumliche Relation der Modelle zueinander bestimmt und ausgewertet.

Es ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Systemen.

Da für die „korrekte“ Kieferrelation, insbesondere die vertikale Dimension, verschiedene Ansätze (z.B. Cephalometrie oder Differenzmessung) existieren, ist eine Entscheidung, welches Verfahren die besseren Ergebnisse liefert, von der Zielsetzung abhängig und kann deswegen nicht allgemeingültig in dieser Arbeit beurteilt werden.

Bei dem Ivotray-Spezial System wurde im Vergleich zum Centric-Tray System eine Tendenz zur Erhöhung der Vertikaldimension festgestellt, was in den nachfolgenden Schritten der Prothesenherstellung berücksichtigt werden kann.

Tag der mündlichen Prüfung: 30.08.2006

Für meine Eltern und Großeltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
1.1	Zielsetzung	4
1.2	Literaturübersicht	5
1.2.1	Die Situationsabformung.....	5
1.2.2	Die Anatomie des zahnlosen Kiefers	5
1.2.3	Abformmethoden.....	8
1.2.3.1	Mundoffene Systeme	9
1.2.3.2	Mundgeschlossene Systeme	13
1.2.4	Methoden zur Bisshöhenbestimmung.....	16
2	Material und Methode	21
2.1	Versuchsaufbau.....	21
2.2	Abformmaterialien.....	25
2.3	Abformsysteme.....	27
2.3.1	Das Ivotray-System.....	27
2.3.2	Das Centric-Tray System	34
2.4	Fotogrammetrie	38
2.5	Statistische Methodik.....	40
3	Ergebnisse	41
4	Diskussion.....	45
4.1	Unterschiede in der praktischen Anwendung beider Systeme.....	45
4.2	Untersuchungsergebnisse	47
5	Zusammenfassung	51

6	Literaturverzeichnis.....	52
7	Anhang	I
7.1	Danksagung.....	I
7.2	Abbildungsverzeichnis	II
7.3	Tabellenverzeichnis	III
8	Lebenslauf.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.

1 Einleitung und Zielsetzung

Trotz des derzeitigen Rückgangs der Zahnlosigkeit und der stetigen Weiterentwicklung vielfältiger Möglichkeiten zum Ersatz der natürlichen Zähne bleibt die Problematik der Versorgung des zahnlosen Kiefers in Form von Totalprothesen weiter bestehen. Da immer mehr Menschen ein höheres Lebensalter erreichen, mit dem häufig ein Zahnverlust verursacht durch Karies und/oder Parodontopathien einhergeht, bleibt die Frage, wie der Patient bestmöglich versorgt werden kann, aktuell (*Balkenhol* 1995).

Die Rehabilitation des zahnlosen Patienten umfasst sowohl die Korrektur der gestörten Physiognomie als auch die Wiederherstellung der Kaufunktion und Phonetik. Weiterhin sollte ein möglichst langfristiger Erhalt des Stützgewebes erzielt werden, welcher mit einer suffizienten prothetischen Versorgung möglich ist, beziehungsweise nur durch gute prothetische Versorgung zu gewährleisten ist.

Eine wichtige Voraussetzung für die gute Passgenauigkeit und den zuverlässigen Halt des totalen Zahnersatzes ist die präzise Abformung der anatomischen und funktionellen Verhältnisse des zahnlosen Kiefers. Hierbei stellen geeignete Abformmethoden insbesondere bei der Versorgung schwieriger Fälle eine wichtige Voraussetzung für den therapeutischen Erfolg dar (*Besimo, Graber und Stutz* 1993).

Die Situationsabformung dient zur Herstellung des individuellen Löffels, durch den bereits die Ausdehnung der späteren Prothesenbasis vorgegeben wird. Bereits eine ungenügende Erstabformung kann daher zu Mängeln an den fertigen Prothesen führen. Wie Untersuchungen zeigen, ist insuffizienter Zahnersatz überwiegend auch auf Fehler im Bereich der Basisausdehnung zurückzuführen (*Holstermann* 1978). Nicht selten wird der Situationsabformung wenig Beachtung geschenkt, in der Hoffnung, Ungenauigkeiten mit der nachfolgenden Funktionsabformung leicht ausgleichen zu können. Werden

allerdings für den Halt der Prothese wichtige Bezirke vom individuellen Löffel nicht erfasst, so werden sie auch durch den Funktionsabdruck nicht erfasst (*Marxkors* 2000).

Somit ist es wichtig, bei der Anfertigung neuer Prothesen bereits mit der Situationsabformung alle Bereiche der Kiefer zu erfassen, die für eine Belastung durch Prothesen relevant sind. Weiterhin müssen alle direkt angrenzenden Weichgewebe abgebildet sein, welche für Sitz und Randabdichtung der Prothese wichtig sind. Außerdem müssen alle Besonderheiten des Prothesenlagers festgehalten und auf dem Situationsmodell als solche dargestellt werden. Die Situationsabformungen von Oberkiefer und Unterkiefer können getrennt durchgeführt werden; auf den individuellen Löffeln werden dann im Labor die Wachswälle nach Durchschnittswerten hergestellt und im Mund dann wieder einander zugeordnet.

Die im Munde vorhandene Beziehung zwischen Ober- und Unterkiefer geht bei der Einzelabformung verloren und muss durch Zurechtschneiden der Wachswälle mit viel Zeitaufwand wiederhergestellt werden. Die Wachswälle werden dabei so umgeformt, dass sie in der physiologischen Höhe bündig schließen.

Somit liegt es nahe, die Situationsabformung von Ober- und Unterkiefer gleichzeitig durchzuführen und dabei durch Verschlüsselung der Abdrücke in zentraler Position des Unterkiefers bereits eine orientierende Relationsbestimmung durchzuführen.

Eine entscheidende Rolle, sowohl für die Homöostase im Kau-system als auch für die Inkorporation des Zahnersatzes, spielt die Festlegung einer korrekten vertikalen Relation. Dadurch werden neben der Kaufunktion die im Bereich der zwischenmenschlichen Beziehungen wichtigen Aspekte der Ästhetik und Phonetik entscheidend beeinflusst.

Eine zu niedrige vertikale Dimension und damit eine Verkürzung des unteren Gesichtsdrittels kann ein progenes Aussehen verursachen; der Patient wirkt durch Verstärkung der Kinnprominenz und der Falten im Bereich der Lippen und der Mundwinkel sowie durch fehlende Entfaltung des Lippenrotes oft älter.

Eine zu große Bisshöhe hingegen führt zum erschwerten Lippenschluss und kann weiterhin Sprechstörungen verursachen, ein typisches Anzeichen für diese Situation ist das Prothesenklappern (*Palla 1993, Hammond und Beder 1984, Hardtmann, Pröschel und Ott 1989*). Eine - wenn auch nur orientierende - Bestimmung der Kieferrelation bereits im ersten Schritt der Totalprothesenherstellung erleichtert dem Behandler alle weiteren Arbeitsschritte.

1.1 Zielsetzung

Es stellt sich die Frage, wie bereits bei der Situationsabformung der zahnlosen Kiefer eine (wenn auch nur vorläufige) Bestimmung der Kieferrelation erfolgen kann, um das oft langwierige Anpassen der Wachswälle zu erleichtern und somit auch den Patienten zu entlasten und weiterhin bereits im ersten Schritt grobe Ungenauigkeiten zu vermeiden. In der vorliegenden Untersuchung wurden zwei mundgeschlossene Abformsysteme miteinander verglichen mit dem Ziel, die Reproduzierbarkeit der am Patienten bestimmten vertikalen Relation zu untersuchen und eventuelle verfahrens- und systemimmanente Fehlerquellen aufzudecken.

1.2 Literaturübersicht

1.2.1 Die Situationsabformung

Die Situationsabformung stellt den ersten Schritt in der Herstellung totaler Prothesen dar. Hier haben sich bereits unterschiedliche Methoden unter Anwendung verschiedener Materialien und Abformlöffel etabliert. Weiterhin lassen sich mehrere Möglichkeiten zur Kieferrelationsbestimmung, insbesondere zur Festlegung der vertikalen Relation unterscheiden.

1.2.2 Die Anatomie des zahnlosen Kiefers

Die anatomischen Strukturen des Ober- und Unterkiefers beziehungsweise deren präzise Abformung und damit genaue Darstellung sind für die Herstellung einer Totalprothese von großer Wichtigkeit.

Alle für den Halt der Prothese wichtigen Räume müssen bereits in der Situationsabformung dargestellt werden, da auf dem Situationsmodell die individuellen Löffel für die Funktionsabformung angefertigt werden. Die Qualität der für den späteren Halt der Prothese äußerst wichtigen Funktionsabformung hängt wesentlich von der Ausdehnung des individuellen Löffels ab (*Marxkors* 2000).

Daher ist eine genaue Kenntnis der anatomischen Strukturen sowie deren präzise Abformung unerlässlich und vorauszusetzen.

Im Oberkiefer handelt es sich dabei um die A-Linie, das Gaumendach, die Tubera, den Alveolarfortsatz sowie im vestibulären Bereich der Übergang von der beweglichen zur unbeweglichen Schleimhaut.



Abbildung 1 Der zahnlose Oberkiefer

Im Unterkiefer müssen die Trigona retromolaria, der Sublingualraum mit den Cristae mylohyoideae, der Alveolarfortsatz sowie ebenso wie im Oberkiefer der Übergang der beweglichen Schleimhaut zur unbeweglichen Schleimhaut wiedergegeben werden, um die korrekten Grenzen zur Herstellung des individuellen Löffels einzeichnen zu können.

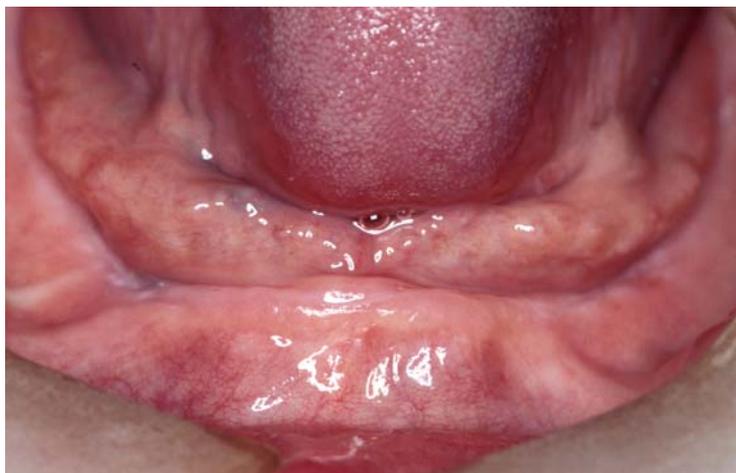


Abbildung 2 Der zahnlose Unterkiefer

Häufig fallen bei der Inspektion der Mundhöhle anatomische Varianten auf, deren Vorhandensein die Anfertigung der totalen Prothese erschweren können.

Die Tori palatini, Knochenaufreibungen im Bereich der Sutura palatina, kommen häufig vor, eine chirurgische Entfernung ist nur dann notwendig, wenn die Prothesenbasis durch den Torus bedingt zu einer funktionsmindernden Einengung des Mundraumes führt. Die im Unterkiefer an der lingualen Wand des Alveolarfortsatzes gefundenen Tori mandibulae müssen bei ungünstiger Lage und Ausdehnung entfernt werden.

Das Einfügen totaler Prothesen kann auch durch nicht atrophierte Kieferkämme mit kolbenförmigen Querschnitt, welche starke Unterschnitte hervorrufen, unmöglich gemacht werden. Eine chirurgische Abtragung ist dann unumgänglich. Bei Fibromen handelt es sich um Gewebshyperplasien, die nach Atrophie oder durch schlecht gestaltete, zu dicke oder zu lange Prothesenränder entstehen können und die meist im vorderen Bereich des Vestibulum gelegen sind (Gasser 1974). Fibrome vor allem im labialen Vestibulum behindern die Abformung des Funktionsrandes und sollten daher entfernt werden. Hauptsächlich im anterioren Anteil des Oberkiefers findet man den Schlotterkamm, der aus einer chronischen Überbelastung des Alveolarknochens resultiert, welcher abgebaut und durch Bindegewebe ersetzt wird. In diesem Fall sollte auf eine verdrängungsfreie Darstellung bei der Abformung und auf eine Entlastung der fertiggestellten Prothese geachtet werden (Marxkors 2000).

Figgener (1989) beschreibt die Entlastungsabformung. Deren Besonderheit besteht darin, dass das bewegliche Gewebe des Prothesenlagers unverstellt abgeformt wird, indem diese Bezirke im Abformlöffel hohlgelegt werden, so dass das Gewebe von dünnfließendem Abformmaterial frei umflossen werden kann.

Nach der Erstabformung und Modellherstellung wird über auf dem Modell angebrachten Platzhaltern im Bereich der zu entlastenden Bereiche ein individueller Löffel angefertigt, mit dem die Funktionsabformung in üblicher Weise durchgeführt wird.

Probleme kann bei der Abformung das Platzieren von großflächig hohlgelegten Löffeln bereiten, da es zu Absackungen und Kippungen des Löffels kommen kann.

Nach Gasser (1974) stellen auch tief inserierende Lippen- und Wangenbändchen ein Problem dar, da sie nur durch Aussparen des Prothesenrandes umgangen werden können. Hierdurch entfällt allerdings ein allseitig gut abdichtender Prothesenrand. Mittels Exzision dieser Bändchen wird die Prothesenaufgabe vergrößert und ihr Sitz und Halt verbessert.

1.2.3 Abformmethoden

Für die Abformung des zahnlosen Kiefers als ersten Schritt zur Herstellung einer Totalprothese sind in der Literatur zahlreiche Methoden beschrieben worden. Eine grundsätzliche Gliederung der Abdruckverfahren in mundoffene und mundgeschlossene Abformverfahren erscheint sinnvoll. Wie Geering und Kundert (1986) beschreiben, kann die Erstabformung des zahnlosen Kiefers mit unterschiedlichen Materialien und verschiedenen Löffelsystemen durchgeführt werden. Als Material für die Erstabformung wird häufig ein Alginat gewählt, welches auf einen vorgefertigten, perforierten oder glatten Löffel appliziert wird (siehe 3.2). Laut Genieser und Jakstat (1990) bevorzugten bei einer Umfrage unter 603 Zahnärzten 92% Alginat als Abformmaterial für die Situationsabformung, ein ähnliches Ergebnis fand sich 1993 bei einer Studie von Basker, Ogden und Ralph, wobei 85% der Behandler das Alginat wählten. Eine Studie von Gauthier, Williams und Zwemer 1992 bestätigte dieses Ergebnis. In Großbritannien (Hyde 1999) wurde ein irreversibles Hydrokolloid als Abformmaterial bevorzugt. Jagers, Javid und Colazzi (1985) gaben an, dass an amerikanischen Universitäten 54% ein Hydrokolloid als Erstabformungsmaterial wählten. Dieses wurde auch von Hoffman, Bomberg, Hatch und Benson (1985) bestätigt. Hydrokolloide bestehen neben weiteren Zusätzen im Wesentlichen aus einer wässrigen, kolloidalen Lösung von mit Schwefelsäure veresterter, polymerer Galaktose (Meiners 1993). Hydrokolloide werden in Wasserbädern verflüssigt und aufbewahrt, die Abformung erfolgt mit doppelwandigen, wassergekühlten Speziallöffeln. Da es durch Trocknung an der Luft zu starken Volumenkontraktionen kommen kann, sollten die Abformungen unverzüglich ausgegossen werden. Als weitere Materialien für die Situationsabformung wurden Polyether und Silikon angegeben. Wie bei

Gründler und *Stüttgen* (1995) beschrieben, können für die Erstabformung auch Abdruckgips und Zinkoxideugenolpaste als irreversibel-starre Materialien Verwendung finden, möglich ist auch die Abdrucknahme mit starren, thermoplastischen Materialien.

1.2.3.1 Mundoffene Systeme

Wie von *Huber* und *Kobes* (1995) beschrieben, wird bei der mundoffenen Abformung der Abformlöffel im Munde des Patienten gehalten, so dass ein Kieferschluss nicht möglich ist und die Abformung mit erhöhter Vertikalrelation erfolgt. Der Kieferkamm wird meist ohne Berücksichtigung der aktiven Funktion der Weichteile abgeformt. Wie *Gerber*, *Haschke* und *Musil* (1974) beschreiben, verändern die Weichgewebe bei Mundöffnung ihre Form und Beziehung zur knöchernen Unterlage, man erhält keine genaue Wiedergabe wie bei der Funktion. Laut *Schulz* (1989) soll der Patient dagegen bereits bei der Situationsabformung bestimmte Funktionsbewegungen durchführen. Im Regelfall wird für die anatomische Abformung ein Konfektions- oder Serienlöffel benutzt, wie beispielsweise die Metalllöffel nach *Ehricke*. Um die korrekte Größe des Abdrucklöffels für eine Alginateabformung zu bestimmen, wird der Unterkiefer paralingual in seiner größten Weite zwischen den Trigona retromolaria mit dem Messzirkel erfasst und ein Löffel ausgewählt, der um die Dicke des Messzirkels geräumiger ist. Durch dieses Auswahlverfahren ergibt sich die optimale Schichtdicke des Materials von 2-3 mm. Es sollte darauf geachtet werden, dass die Löffelform dem Kieferprofil bestmöglich entspricht, eine Korrektur der Löffellänge retromolar und sublingual im Unterkiefer sowie im Tuber- und Vestibulumbereich und bei extrem hohem Gaumen im palatinalen Bereich des Oberkieferlöffels beispielsweise mit Wachs ist möglich und bei entsprechenden anatomischen Verhältnissen ratsam (*Geering* und *Kundert* 1986). Der fertige Erstabdruck beinhaltet eine blasenfreie Darstellung der anatomischen Strukturen und sollte an keiner Stelle durchgedrückt sein. Für Alginateabdrücke werden auch die Löffel nach *Schreinemakers* verwendet, bei denen es sich um perforierte Metalllöffel handelt. Bei Passungenauigkeit kann die Länge dorsal und im Randbereich gegebenenfalls mit Kerr-Masse oder

weichem Wachs korrigiert werden, gleiches gilt für sehr hohe Gaumen im Oberkiefer (*Strub, Türp, Witkowski, Hünteler und Kern 1999*). *Schulz (1992)* beschreibt weiterhin die Abformmethode nach *Schreinemakers* mit einem Sortiment aus Kunststofflöffeln. Für den Unterkiefer finden sich 13 unterschiedliche große Kunststofflöffel; für den Oberkiefer 7 verschiedene Größen. Die Auswahl der Löffelgröße erfolgt wie bei der bereits erwähnten Methode, um vor allem das Einklemmen der Unterzungspeicheldrüse zwischen Löffelrand und Kieferinnenseite zu verhindern. Durch Vorstrecken der Zunge bis zum Löffelgriff wird eine einwandfreie Abformung des Sublingualraums erreicht, weiterhin ist darauf zu achten, dass distal das Retromolarpolster erfasst wird (*Schulz*). Bei der Abformung im Oberkiefer kann der Patient versuchen zu schlucken oder Luft durch die vom Behandler zugehaltene Nase zu blasen, um auf diese Weise das funktionelle Muskelspiel auf die Abformung zu übertragen.

Besimo, Graber und Stutz beschrieben 1993 eine myodynamische Erstabformung zur Herstellung anatomischer Modelle mit speziellen konfektionierten Löffeln (beispielsweise nach *Schreinemakers*) und additionsvernetzenden Polyvinylsiloxanen. Bei dieser mundoffenen Erstabformung wird das Durchdrücken der Löffel während der Abformung durch Stops aus einer Silikonnetmasse verhindert, wobei im Oberkiefer ein Gaumenstop genügt; im Unterkiefer sind drei gleichmäßig verteilte, auf dem Kieferkamm liegende Silikonstops notwendig. Die Haftung des Silikons am Löffel wird durch Aufbringen durch ein produktspezifisches Adhäsiv erhöht. Anschließend wird für die Vorabformung der Umschlagfalten in beiden Kiefern und der A-Linie am Übergang zwischen hartem und weichem Gaumen ebenfalls die Silikonnetmasse verwendet, die in dünner Schicht auf den Löffelrand aufgetragen wird. Bei leichter Mundöffnung erfolgt die Randabformung durch aktive Muskelbewegungen des Patienten, dabei können die Bewegungen vom Behandler von extraoral durch Anmassieren der Lippen und Wangen unterstützt werden. Der Patient führt als aktive Muskelbewegungen im Unterkiefer die Mundöffnung, das Schlucken,

Zungenbewegungen nach rechts und links, Herausstrecken der Zunge und Anheben der Zunge sowie Spitzen und Breitziehen des Mundes durch. Für die funktionelle Abformung des Oberkiefers öffnet der Patient den Mund, schluckt, spitzt den Mund und zieht ihn breit, bewegt den Unterkiefer nach rechts und links und spricht den Vokal A aus. Nach Aushärten des Materials werden die korrekte Form des Funktionsrandes sowie die Lippenbänder und Wangenfalten intraoral kontrolliert und überschüssige Silikonmasse, die außerhalb der Ventilgrenzen liegt, entfernt. Mit einem dünnfließendem Polyvinylsiloxan erfolgt jetzt die myodynamische, mundoffene Gesamtabformung des zahnlosen Kiefers, die nach Aushärten durch Zurücksetzen in den Mund überprüft wird. An keiner Stelle darf der Metallrand des Abformlöffels durch die Silikonmasse gedrückt sein.

In Kombination mit einer nachfolgenden myodynamischen Funktionsabformung und einer zentrischen Handbissnahme hat sich die myodynamische Erstabformung laut *Besimo, Graber* und *Stutz* (1993) insbesondere bei Patienten mit atrophischen Kieferkämme bewährt. *Klein* und *Goldstein* beschrieben 1984 die Erstabformung mit Aluminium-Löffeln und einer Vorformung aus einer Kompositionsmasse sowie Ausformung mit Abdruckwachs. Auch in diesem Fall wird der Patient angewiesen, Funktionsbewegungen auszuführen.

Wie ebenfalls bei *Geering* und *Kundert* (1986) zu finden, ist eine Abformung auch mit thermoplastischen Materialien möglich, wobei vorgefertigte, metallische Massenträger verwandt werden, welche kleiner und weniger profiliert sind als Alginatabformlöffel. Gerade bei stark atrophiertem Unterkiefer oder bei ausgeprägter, verschieblicher Fältelung der Schleimhaut ist die Abformung mit Alginat und passendem Löffel häufig nicht erfolgreich. *Herbst* und *Meist* entwickelten in den 50er Jahren die reversible thermoplastische Harz-Wachs-Komponente „HM“, welche laut *Jahn* (1966) besonders für die funktionelle Situationsabformung geeignet ist. Diese Masse ist aufgrund eines hohen Fließvermögens bei Mundtemperatur leicht plastisch verformbar; der Abbindezeitpunkt kann nach Ermessen bestimmt werden. Passend zu der Abformmasse sind entsprechende Massenträger konstruiert worden. Die

verstellbaren Massenträger nach *Meist* gibt es für den extrem flachen und schmalen Kieferkamm, für mittlere flache Kiefer sowie für gut profilierte, walzenförmige Kiefer. Der Massenträger wird mittels Feststellschrauben auf die entsprechende Länge und Breite eingestellt und im Mund überprüft. Nach Erwärmen der Kompositionsmasse im Wasserbad wird diese zwischen den vaselinieren Handflächen zu einer Rolle geformt, der Massenträger wird mit einer dünnen Vaselineschicht isoliert. Nach Aufbringen der Masse auf den Löffel wird dieser ohne Druckanwendung im Patientenmunde auf dem Kieferkamm zentriert, die Abformung des Kieferkamms und gute Zentrierung wird kontrolliert. Nun wird der Löffel zum zweiten Mal adaptiert, wobei der Behandler den Patienten die Zunge leicht anheben und die Unterlippe nach oben bewegen lässt. Gleichzeitig gibt er mit beiden Zeigefingern einen leichten Gegendruck. Nach erneuter Kontrolle werden durch Seitwärtsbewegungen des Patienten mit der Zunge auch Vestibulum und Paralingualflügel ausgeformt. Da Verformungen vermieden werden sollen, wird der Löffel mit Masse zwischenzeitlich gekühlt und in Eiswasser in das Labor gebracht. Vergleichbar ist das ebenfalls thermoplastische Material „Ex3N“.

Nach *Basker, Odgen* und *Ralph*, die 1993 unter anderem die Qualität von Ober- und Unterkieferabdrücken untersuchten, waren lediglich 35 von 188 inspizierten Oberkieferabformungen zufriedenstellend, bei über 50% fand sich eine Überextension des Abdrucks in den bukkalen und labialen Sulkus. Ebenso häufig fanden sich eine Unterextension sowie eine inadäquate Ausdehnung im Tuberbereich. Das Ergebnis im Unterkiefer war vergleichbar, auch hier fanden sich in über 50% der untersuchten Abdrücke eine Überextension im vorderen und hinteren Anteil des Sublingualraums, in einem Drittel der Fälle war der Bereich der Trigona nicht ausreichend abgeformt. *Mersel* riet 1989 zur vorsichtigen, drucklosen Abformung des Unterkiefers gegebenenfalls mit Abdruckgips, um jegliche Behinderung der weichen Schleimhäute zu vermeiden. *Walter* beschrieb 1970 die Abdrucknahme bei Patienten mit mandibulärer Prognathie, wobei besonderer Wert auf die Ausdehnung des Unterkieferabdrucks in den Bereich des Lingualraums und der Trigona gelegt werden müsse, um eine Stabilität der Prothesenbasis zu erreichen. Diese sollte

maximal ausgedehnt werden, um die Aufstellung der Zähne in korrekter Relation zu den Antagonisten zu ermöglichen.

Gasser (1974) sieht den Nachteil der mundoffenen Systeme in dem aktiven Fingerdruck, durch den die Löffel während der Abformung bis zur Erstarrung der Abdruckmasse festgehalten werden. Durch den Druck auf das Schleimhautpolster, das Überquellen der Abformmasse über die Löffelränder sowie den halbgeöffneten Mund kommt es neben der Verzerrung der Kieferschleimhäute auch zu einer Störung des harmonischen Tonus der Muskelgruppen im Fornix vestibuli und im Bereich der paralingualen Zonen, wodurch es zur Bildung von reaktiven Muskelspasmen kommen kann.

1.2.3.2 Mundgeschlossene Systeme

Bei der mundgeschlossenen Abformung können Unter- und Oberkiefer bei vorgegebener Vertikaldimension gleichzeitig oder nacheinander abgeformt werden, die Funktionsbewegungen sind zumeist aktiv, können aber auch passiv durchgeführt werden oder fehlen. Nach *Musil (1979)* ist eine funktionelle Randgestaltung ohne Mundöffnung und Sprechübungen wie ohne die im natürlichen Bewegungsablauf stattfindende Veränderung der Mundspalte nicht durchführbar. Bei dem All-Oral Verfahren nach *Hofmann* wird auf dem Modell der Erstabformung bereits die eigentliche tragende Basis der späteren Prothese hergestellt. Daher ist in diesem Falle ein adäquater Situationsabdruck von großer Bedeutung. Wie *Hofmann (1973)* beschrieb, muss der Abdruck respektive das Modell die Kämme bis zur Übergangszone Gingiva propria-Mucosa vestibularis einschließlich der Tubera maxillaria beziehungsweise der Tubercula alveolaria mandibulariae wiedergeben. Als Massenträger werden die Si-plast-Trays der Fa. Detax-Dental verwendet. Der Griff des Oberkieferträgers ist mit einem Schlitz versehen, welcher den sogenannten Connector, den Verbindungsteil des zugehörigen Registrierbogens aufnimmt. Mit diesem Gesichtsbogen können alle notwendigen Registrierungen durchgeführt werden, der verschiebbare Spina-Stift ermöglicht eine exakte Peilung der Spina nasalis anterior und erleichtert die Ausrichtung auf die Campersche Ebene. Bevor mit der Abformung des Oberkiefers begonnen wird, werden die

Kondylenachsenpunkte auf der Linie Tragusmitte-äußerer Augenwinkel markiert. Nach Bekleben der Innenflächen des Löffels wird dieser gleichmäßig mit Alginat beschickt, der Löffel wird mit leicht rotierendem Druck in die Mundhöhle eingeführt. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass der Griff sich möglichst genau in der Gesichtsmitte befindet. Während der Löffel mit der einen Hand in seinem Zentrum gestützt wird, zieht die andere Hand Lippen und Wangen massierend nach außen und unten ab. Der Mund des Patienten ist weit geöffnet, um eine deutliche Wiedergabe des Ligamentum pterygomandibulare zu erreichen. Nach Aushärten des Materials wird der Connector in den Schlitz gesteckt und der Abdruck reponiert. Anschließend erfolgt das Aufstecken des Gesichtsbogens, die korrekte Ausrichtung sowie die Fixation des Connectors. Nach Einjustierung auf die Kondylenpunkte und Festziehen aller Schrauben kann der nun schädelbezüglich registrierte Abdruck entnommen werden. Bei der Abformung des Unterkiefers ruht der Zeigefinger auf dem nach innen gerichteten Griff, der Daumen unterstützt das Kinn. Dadurch wird gewährleistet, dass die Abformung unter zentrischem Andruck erfolgt und keine Verschiebung eintritt. Der Patient legt dabei seine Zunge in den vom Griff begrenzten Raum und bewegt sie langsam hin und her. Nach Bestimmung der Ruhelage und der Bisshöhe in üblicher Weise (siehe 2.3) erfolgt die orientierende Festlegung der Kieferrelation. Dazu wird auf den Griff des Unterkieferträgers ein Hilfsteil, der Gaumenaufsatz, aufgesetzt und der Abdruck im Mund reponiert. Der aufrecht sitzende Patient schließt nun langsam den Mund bis zur festgelegten Vertikalrelation. Der Aufsatz darf dabei nicht am Gaumen anstoßen. Sollte dieses beim Anprobieren der Fall sein, muss eine andere Größe gewählt werden oder der Aufsatz entsprechend modifiziert werden. Nach Anprobe wird der Gaumenaufsatz mit einem Alginat, Abdruckgips oder einem weichen Silikon beschickt und der Patient angewiesen, bis zur korrekten Bisshöhe zu schließen. Weiterhin wird der Abstand Kamm-Lippenbasis bestimmt, um dem Techniker einen Anhalt für die Höhe des Wachswalles zu geben.

Weitere gebräuchliche Verfahren zur mundgeschlossenen Situationsabformung mit gleichzeitiger orientierender Kieferrelationsbestimmung sind mit dem SR-

Ivotray-Spezial Gerät nach *Schwarzkopf* und *Marxkors* sowie dem Centric-Tray möglich. Diese werden ausführlich unter Punkt 3.3 behandelt.

Heymer fand 1970 heraus, dass die bei Einzelabformungen oft hinderliche Zunge bei mundgeschlossenen Abformungen kein Problem darstellt, da sogar eher ungeschickte Patienten ihre Zunge in den dafür vorgesehenen Hohlraum legen können. Auch beim Schlucken während der Abdrucknahme verschiebt sich das Gerät nicht und Zunge und Unterkiefer nehmen die gleiche Position ein wie beim physiologischen Schluckvorgang. Bei allen hier beschriebenen mundgeschlossenen Abformsystemen wird die Ruhelage und somit die Bisshöhe durch Anzeichnen zweier Punkte (Nasale und Gnathion) ermittelt. Laut *Engelhardt* 1970 wird bei der mundgeschlossenen Abformmethode mit dem Ivotray System eine Kieferposition fixiert, welche in der Mehrzahl der Fälle brauchbar und praxisnah ist.

Carossa, Catapona, Scotti und *Preti* hingegen sahen bei einer Studie mit 25 Patienten 1990 die Festlegung und Kontrolle der vertikalen Kieferrelation mittels Hautmarkierungen als unzuverlässig an.

Besondere Aufmerksamkeit verlangt die Erstabformung des zahnlosen Kiefers bei Patienten mit extremen Kieverhältnissen oder verändertem Kieferkamm beispielsweise durch Tumore. Infolge radikaler Tumorentfernung kommt es zu unvermeidlichen Knochen- und Weichteilverlusten; die prothetische Versorgung umfasst sowohl die Rekonstruktion des Kauorgans, den Ersatz von Substanzverlusten als auch die Bildung einer Verschlussmöglichkeit zwischen Mundhöhle und Nasen-Rachenraum. Wie von *Rasche* (1982) beschrieben, ist vor allem bei zahnlosen Patienten mit unterschiedlich ausgeprägten Knochen- und/oder Weichteilverlusten eine entsprechende funktionelle Abformung erforderlich, damit einerseits eine für die Retentionskräfte lagestabile und für die Kaudruckkräfte belastbare Prothesen- und Obturatorbasis erzielt werden kann und andererseits eine funktionelle Kontaktlage zwischen Prothesenrand, Obturatorfläche und dem benachbarten Weichgewebe ermöglicht werden kann. Für die funktionelle, mundgeschlossene Erstabformung werden individuelle Materialträger vorausgesetzt, welche in korrekter Extension angefertigt sind und

die intermaxilläre Lagebeziehung festlegen. Gerade beim zahnlosen Patienten mit mehr oder weniger umfangreicher Resektion ist die Wiederherstellung der intermaxillären Relation mit viel Zeitaufwand verbunden. Hinzu kommt, dass es zu einer Vortäuschung der Kongruenz der Bisswälle kommen kann, da die individuellen Löffel im Bereich von Nonokklusionen den Kontakt mit der Schleimhaut verlieren und dass im Bereich von Primärkontakten eine übermäßige Komprimierung des Gewebes eintritt (*Rasche* 1982). In diesem Fall ist eine Abformung mit dem SR-Ivotray Spezial Gerät möglich, da aufgrund der gleichzeitigen Verschlüsselung der Abdrücke in zentraler Relation des Unterkiefers eine orientierende Relationsbestimmung ohne Verlagerung der Kondylen möglich ist. Die individuelle Abformung variiert je nach Ausdehnung des Defektes beziehungsweise des Abstützungsbereichs.

1.2.4 Methoden zur Bisshöhenbestimmung

Die korrekte Bestimmung der vertikalen Relation ist einer der wichtigsten Schritte, um bei dem Patienten Prothesen mit adäquater Ästhetik und Funktion eingliedern zu können. *Carossa et al.* (1990) beschreiben die Festlegung der vertikalen Relation als einen der kritischsten Punkte bei der Behandlung des zahnlosen Patienten.

Ist diese nicht korrekt eingestellt, resultieren daraus für den Patienten häufig erhebliche Schwierigkeiten, mit den neuangefertigten Prothesen zurechtzukommen und diese zu adaptieren.

Eine zu hohe vertikale Dimension kann zu persistierenden Druckstellen, zu stark angespannten Kaumuskeln und dem typischen „Prothesenklappern“ führen. Ein entspannter Lippenschluss ist nicht oder nur eingeschränkt möglich, die Frontzähne sind häufig verstärkt sichtbar. Störungen der Lautbildung sind ebenfalls Folgen, die von einer zu hoch gewählten vertikalen Dimension bedingt sein können (*Huber und Kobes* 1995).

Ist die vertikale Dimension allerdings zu niedrig, erscheint der Patient oft deutlich älter (*Mohindra* 1996). Die Mundwinkel hängen herunter und unterliegen einer permanenten Benetzung mit Speichel, was zu Mazerationen führen kann und zu sekundären Infektionen dieser Mundwinkelrhagaden.

Häufig wird durch eine verstärkte Kinnprominenz ein progenes Aussehen verursacht. Die Muskulatur unterliegt einer stärkeren Beanspruchung beim Kauvorgang, was durch das schwierigere Zerkleinern der Nahrung zu einer Verminderung der Kaukraft und einem Nachlassen des Kaueffektes führt (*Huber und Kobes 1995*). Eine stark erniedrigte Bisshöhe kann außerdem zu Beschwerden im Sinne craniomandibulärer Dysfunktionen führen (*Mohindra 1996*).

Die Bisshöhe oder vertikale Relation wird im allgemeinen als Wert definiert, der 2 bis 4 mm kleiner ist als die Ruhelage des Unterkiefers, wobei sich die Bißhöhe als Gesichtshöhe bei maximalem Vielpunktkontakt der Zähne und zentrischer Kondylenposition und die Ruhelage sich durch diskludierte Zähne und Lage des Unterkiefers in einer physiologischen Ruheposition definieren (*Fayz und Eslami 1988*).

Basker et al. (1992) beschreiben die Ruhelage als nicht-statisch und von zahlreiche Faktoren beeinflusst. Von *Schweitzer* (1981) wird der korrekte interokklusale Abstand als Basis für die erfolgreiche prothetische Versorgung beschrieben, da es durch Falscheinstellung zu einer Störung des neuromuskulären Tonus kommt und es somit neben funktionellen Beschwerden auch zu ästhetischen Einbussen des Patienten kommen kann.

Ismail et al. (1968) hinterfragen die Ruhelage nach röntgenologischer Schädelvermessung vor Extraktion der verbleibenden Zähne und während der darauf folgenden zwölf Monate nach der prothetischen Versorgung. Die Autoren geben einen Zusammenhang der Ruhelage mit der Bisshöhe an, so dass es bei einer durch Zahnverlust und Alveolarkammatrophie bedingten verringerten Bisshöhe ebenfalls zu einer Verringerung der Ruhelage komme.

Weiterhin besteht eine große physiologische Bandbreite des free-way-space, die interindividuell variiert (*Ismail et al. 1968*).

Bei der Bestimmung der Kieferrelation gibt es keine validierte Methode als Goldstandard, sondern es wurden zahlreiche verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Vertikaldimension in der zentrischen Okklusion entwickelt, wobei sowohl die Kieferrelationsbestimmung als auch die Bisshöhe eine physiologische Bandbreite offenlassen.

Ein geometrisches Verfahren stellt der „Goldene Schnitt“ dar, der sich auf eine genau festgelegte Streckenteilung bezieht, wobei sich die kleine Strecke zur großen Strecke genauso verhalten soll wie die große Strecke zur Gesamtstrecke. Als Hilfsmittel dient ein Zirkel (*Gründler und Stüttgen* 1995).

Das unter anderem von *Huber und Kobes* 1995 beschriebene neuromuskuläre Verfahren legt die Ruhelage zugrunde, also die unbewusste Abstandshaltung des Unterkiefers zum Oberkiefer bei entspannter Muskulatur und aufrechter Kopf- und Körperhaltung. Der interokklusale Abstand, der bei normalen anatomischen Verhältnissen in der Ruhelage 2-3 Millimeter beträgt, kann bei starker Atrophie der Kieferkämme vergrößert sein. Die dadurch entstehende Vertikaldimension in zentrischer Okklusion ist zwar erniedrigt, ermöglicht aber kürzere dislozierende Hebel und eine Verbesserung der Kaustabilität. Besonderes Gewicht ist auf einen ungezwungenen Lippenschluss zu legen, da dieser besonders bei Patienten mit kurzer Oberlippe, mit ausgeprägtem Distalbiss oder bei Mundatmern oft nur eingeschränkt möglich ist.

Bei diesem Verfahren werden an Nasion und Gnathion Punkte angebracht, die Haut sollte, wenn möglich, nicht verschieblich sein. Nachdem der Unterkiefer die Ruhelage eingenommen hat, wird der entsprechende Wert mehrmals gemessen und kontrolliert, um anschließend um 2-3 Millimeter reduziert zu werden und somit die Bisshöhe festzulegen.

Carossa et al. kritisieren diese Möglichkeit zur Festlegung der vertikalen Relation. Sie untersuchten 1990 eine Gruppe von 25 zahnlosen Patienten zur Reproduzierbarkeit von Hautmarkierungen im Vergleich mit kephalometrischen Röntgenbildern und folgerten, dass die Festlegung der vertikalen Relation, die Hautmarkierungen zugrunde legt, ungenau ist.

Mohindra (1996) gibt die Schluck-Technik als funktionelle Methode zur Festlegung der Bisshöhe an. Beim Schluckvorgang kommt es bereits zu Beginn zu leichtem Kontakt der Ober- und Unterkieferzähne und dieser Zeitpunkt kann bei der Festlegung der vertikalen Relation des zahnlosen Patienten als Ausgangspunkt benutzt werden. Beim Schlucken von Speichel verlagert sich der Unterkiefer in die habituelle Bissposition, anschließend kommt es beim Zurückschleudern des Speichels in den Pharynx durch die Zunge zur Einnahme

der physiologischen Ruheposition des Unterkiefers. Diese Unterkieferbewegungen können laut *Shanahan* (1955) zur Festlegung sowohl der vertikalen als auch der zentrischen Okklusion genutzt werden. Nach einer vorläufigen Bestimmung der Bisshöhe durch eine der gängigen Methoden wird der untere der zuvor hergestellten Wachswälle um 3 Millimeter reduziert und ein sehr weiches Wachs aufgetragen. Der Patient wird aufgefordert, mehrmals zu schlucken. Beim Schluckvorgang wird das Wachs auf die natürliche, physiologische vertikale Dimension reduziert (*Shanahan* 1955).

Marxkors (2000) beschreibt die Überprüfung der vertikalen Relation anhand von Messungen der Vestibulumsdistanz seitlich vom Lippenbändchen.

Pyott und *Schaeffer* untersuchten 1954 sowohl die vertikale als auch die horizontale Kieferrelation anhand von kephalometrischen Röntgenbildern und gaben an, dass die Festlegung der vertikalen Relation durch Röntgenbilder bestimmt und während der Behandlung kontrolliert werden kann, um so unter anderem eventuelle Änderungen vornehmen zu können.

Kephalometrische Messungen werden mit Hilfe seitlicher Fernröntgenbilder durchgeführt und haben gezeigt, dass durch unterschiedliche skelettale Beziehungen individuelle Zahnpositionen, eine unterschiedliche Lage der Okklusionsebene und eine unterschiedliche Vertikaldimension in der zentrischen Okklusion bedingt sind. Die Untergesichtshöhe wird anhand von skelettalen Messpunkten bestimmt. Es handelt sich um die Punkte Xi, die Spina nasalis anterior, sowie den D-Punkt, den Mittelpunkt der Kinnsymphyse.

Bei Verbindung von Xi mit der Spina nasalis anterior und dem D-Punkt entsteht ein nach vorne offener Winkel, durch den eine anguläre Vergleichsmöglichkeit des intermaxillären Abstandes möglich ist. Um im Artikulator Änderungen der Vertikaldimension vornehmen zu können, muss die Relation des Winkels für die Untergesichtshöhe zur Stützstifthöhe des Artikulators errechnet werden (*Huber* und *Kobes* 1995)

Silverman (1953) beschreibt unterstützende Farbinjektionen am Ober- und Unterkieferalveolarkamm, um die vertikale Relation reproduzierbar festlegen zu können.

Bei Beurteilung der verschiedenen Verfahren zum Überprüfen der Bisshöhe sollten praktische Aspekte nicht außer Acht gelassen werden. Wird die kephalometrische Bestimmung der vertikalen Relation anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen auch von einigen Autoren als exakt und reproduzierbar beschrieben, handelt es sich hier doch um ein zeitaufwändiges Verfahren, das in der Praxis sicherlich nicht immer ohne weiteres durchführbar ist. Auch die Strahlenbelastung muss kritisch beurteilt werden, da vor der Anfertigung einer Fernröntgenseitenaufnahme noch andere Methoden eingesetzt werden können.

2 Material und Methode

2.1 Versuchsaufbau

Eine wichtige Voraussetzung für den Versuchsaufbau stellte die Auswahl geeigneter Patienten dar. Um die Reproduzierbarkeit der Abformungen beziehungsweise der Vermessungen sicherstellen zu können, mussten bei den Patienten bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Im Oberkiefer durfte als Ausschlusskriterium kein Schlotterkamm vorhanden sein, da in diesem Falle keine eindeutige anatomische Struktur gegeben war. Weiterhin durfte das Knochenniveau nicht zu niedrig sein.

Problematischer war die Patientenauswahl bezüglich der Geeignetheit im Unterkiefer, da besonders hier häufig eine starke Atrophie vorherrscht.

Patienten mit deutlicher Atrophie des Limbus alveolaris oder sogar mit bindegewebig umgebauten Trigona schieden für die Versuchsreihe aus.

Anatomische Varianten wie beispielsweise Exostosen, welche zur Erschwerung der Abdrucknahme und schließlich auch der Auswertung der Modelle führen könnten, wurden ebenfalls nicht miteinbezogen.

Weiterhin mussten die Patienten über normale motorische Fähigkeiten verfügen, um das Schließen des Mundes in korrekter Bisshöhe zu ermöglichen. Insgesamt wurde die Versuchsreihe mit neun Patienten durchgeführt, die alle über oben genannte Voraussetzungen verfügten.

Die Patienten waren zum Zeitpunkt der Abformung zwischen 62 und 87 Jahren alt.

Fünf Patienten waren weiblich, vier der Patienten waren männlich.

Nach Einzeichnen der Punkte Nasale und Gnathion wurde die Bisshöhe bestimmt und mehrmals überprüft. Nach Anprobe der Löffel (Ivotray-Spezial und Centric-Tray) erfolgte nun die Abdrucknahme mit Alginat durch jeweils drei Behandler, welche je einen Ivotray-Abdruck und einen Centric-Tray-Abdruck pro Patient durchführten (siehe 2.3.1 und 2.3.2). Hierbei wurde darauf geachtet, dass alle anatomisch wichtigen Strukturen, die zur Orientierung dienen können,

im Abdruck erfasst waren. Dazu zählen im Oberkiefer besonders die Tubera maxillae sowie die Papilla Incisiva, im Unterkiefer die Trigona retromolaria. Weiterhin mussten die Abformungen blasenfrei und adäquat ausgedehnt sein. Anschließend wurden die Abdrücke mit einem Gips der Klasse 2 (Alabaster) ausgegossen und in den Artikulator eingebracht. Um einen Vergleich zum Ivotray-System ziehen zu können, wurden die Centric-Tray Abdrücke, ebenso wie beim Ivotray-Verfahren, direkt ausgegossen, eine vorherige Abformung der Einzelkiefer und nachfolgende Zuordnung über das Centric-Tray System fand nicht statt. Nach Einbringen der Modelle in einen kalibrierten SAM-Artikulator wurden für die fotogrammetrische Bestimmung ihrer räumlichen Lage Messplatten mit Zielmarken für die einzelnen Modelle hergestellt (siehe Abbildung).

Diese bestanden aus Diarahmen, die an einem Metallkreuz befestigt waren. Sowohl auf dem Kreuz als auch auf dem Diarahmen waren Zielmarken befestigt, die aus einem weißen Kreis auf schwarzen Grund bestanden und Hilfsmittel für die nachfolgenden fotogrammetrischen Ausmessungen darstellten.

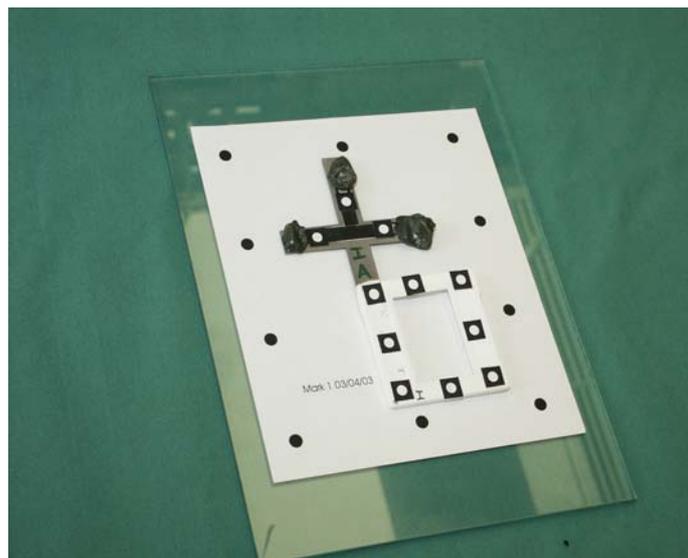


Abbildung 3 Messplatte für den Oberkiefer

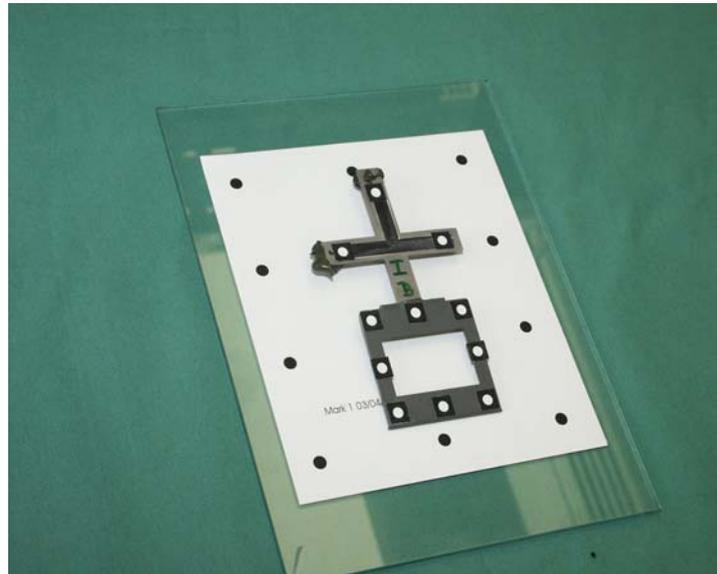


Abbildung 4 Messplatte für den Unterkiefer

Hierbei wurde bei der Messplattenherstellung darauf geachtet, dass eine sichere Drei-Punkt-Abstützung auf den Modellen gegeben war, die Messplatten also schaukelfrei waren und auf jedem Modell eines Patienten sicher zu repositionieren waren, wobei im Oberkiefer die Papilla incisiva als Orientierungspunkt verwendet werden konnte. Die Papilla incisiva eines jeden Modells wurde in der gleichen Position auf dem Metallkreuz platziert. Im Unterkiefer war eine Orientierung am Zungenbändchen möglich.

Pro Patient wurden je eine Messplatte im Oberkiefer und im Unterkiefer hergestellt, welche auf jedem Ober- beziehungsweise Unterkiefermodell des Patienten passend und exakt zu repositionieren waren. Bei jedem Patienten waren schließlich sechs einartikulierte Modellpaare mit zugehörigen Messplatten vorhanden. Die Messplatten wurden auf den Modellen angebracht und mit Gummibändern fixiert. Mit Hilfe der Fotogrammetrie erfolgte nun die Vermessung der Messplatten zueinander (siehe 2.4).

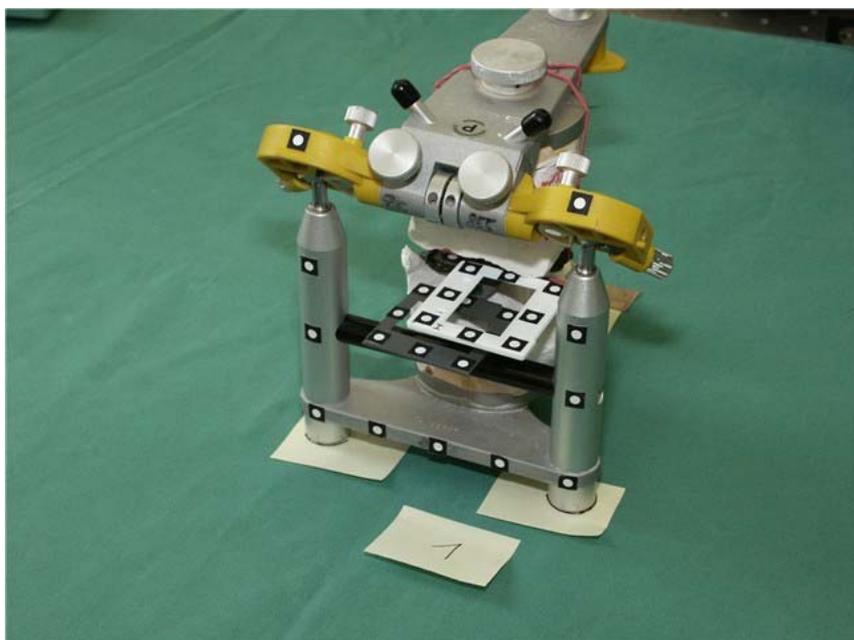
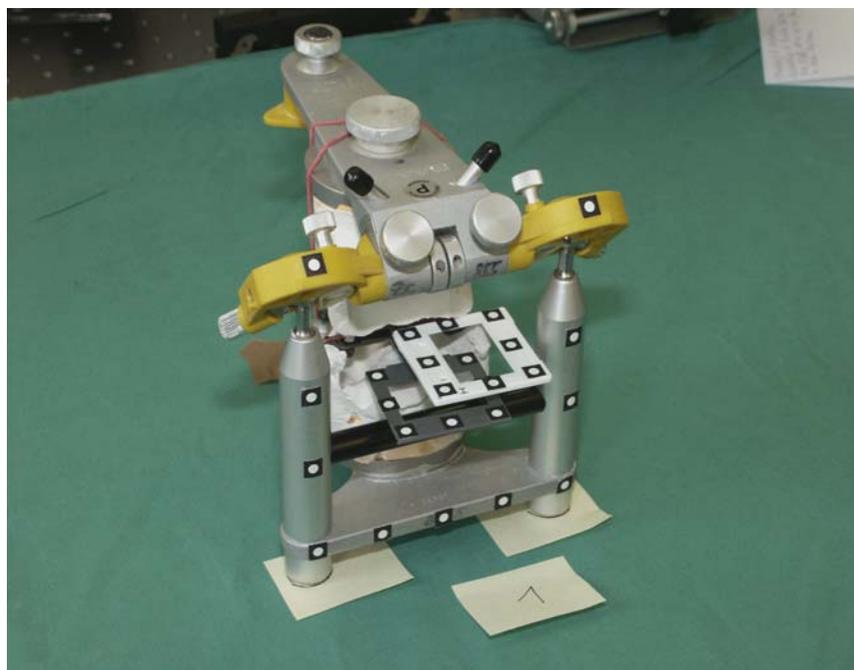


Abbildung 5 Versuchsaufbau im Artikulator

2.2 Abformmaterialien

Sowohl bei der Abformung des zahnlosen Kiefers mit der Ivotray-Methode als auch bei der Centric-Tray-Methode wird als Abformmaterial ein Alginat gewählt, welches zu den irreversibel-elastischen Abformmaterialien gezählt wird. Alginat werden in Pulverform geliefert und mit Wasser angemischt, welches eine Temperatur von 20 Grad Celsius nicht überschreiten sollte, da der Abbindevorgang ansonsten beschleunigt wird.

Bei Zusammenmischen von Alginatpulver und Wasser kommt es durch eine Vernetzungsreaktion zur Verfestigung zu einem elastischen Gel.

Das Pulver besteht zu etwa 15 Massenprozent aus Alginat, welches sich aus in Wasser leicht löslichen Salzen der Alginsäure mit Natrium, Kalium und Ammonium sowie Kalziumsulfat zusammensetzt.

Den Rest des Pulvers bestimmen die Füllstoffe Talkum und Zinkoxid, welche die Fließfähigkeit nach dem Anmischen sowie die Festigkeit des Alginats im abgebundenen Zustand beeinflussen.

Die Salze der Alginsäure mit zweiwertigen Metallen sind in Wasser schwerlöslich, so dass die Alginsäure nach dem Dissoziieren des Natriumalginats mit den Kalziumionen des Kalziumsulfates reagiert, wobei die beteiligten Karboxylgruppen jeweils verschiedenen Polymeren angehören.

Diese Vernetzungsreaktion verläuft sehr rasch, und um eine ausreichende Verarbeitungszeit zu ermöglichen, werden Verzögerer wie Natriumphosphat eingesetzt, dessen Phosphationen die Kalziumionen zum schwerlöslichen Kalziumphosphat fällen.

Die zunächst dissoziierenden Ca-Ionen des CaSO_4 reagieren nur zum Teil mit der Alginsäure, die eigentliche Abbindereaktion beginnt erst, wenn der Verzögerer verbraucht ist.

Das Pulver sollte sich in einem dicht verschlossenen Behälter befinden, um Schädigungen durch Luftfeuchtigkeit zu vermeiden, weiterhin sollte das Pulver öfter geschüttelt werden, um einem Sedimentieren der Bestandteile entgegenzuwirken.

Alginatabformungen sollten so schnell wie möglich ausgegossen werden, da es bei trockener Lagerung zu einer Kontraktion der Masse durch die Verdunstung des im abgebundenen Alginat befindlichen Wassers kommt. Bei Lagerung des abgebundenen Alginats im Wasser kommt es zur Quellung, da Wasser aufgenommen wird.

Ist die direkte Überführung des Abdrucks in ein Modell nicht möglich, so sollte die Abformung bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit in einem Hygrophor aufbewahrt werden (*Meiners; Marxkors* 1993).

Alginat haben sich für funktionelle Situationsabformungen als die besten Abformmaterialien herausgestellt. Weiches Gewebe wird bei der Abformung mit Alginaten in ausreichender Weise verdrängt, funktionell angespanntes Gewebe hingegen verdrängt das Material. Alginat verfügt während der Verarbeitungsphase weiterhin über eine ausreichende Fließfähigkeit.

2.3 Abformsysteme

2.3.1 Das Ivotray-System

Das Ivotray-Spezial Gerät der Firma Ivoclar ermöglicht die Situationsabformung von Ober- und Unterkiefer in einem Arbeitsgang.

Der Vorteil dieser Abformung besteht darin, dass zeitgleich zu der Abformung eine vorläufige Bisslagenbestimmung erfolgt, so dass vom Zahntechniker bereits weitgehend passende Bisschablonen angefertigt werden können.

Die Abdrucknahme mit dem Ivotray-Spezial System beginnt mit der Auswahl der passenden Ivotray-Löffel, hierbei stehen 2 Größen für Oberkiefer und 3 Größen für den Unterkiefer zu Verfügung.



Abbildung 6 Ivotray-Spezial Löffel

Mit einem Zirkel wird der Abstand der Tubera im Oberkiefer und der Tubercula im Unterkiefer gemessen und nach diesem Maß ein passendes Ivotray-Gerät ausgewählt. Diese Messung erspart allerdings nicht die intraorale Anprobe der Löffel (*Marxkors und Schmiing 1970*).

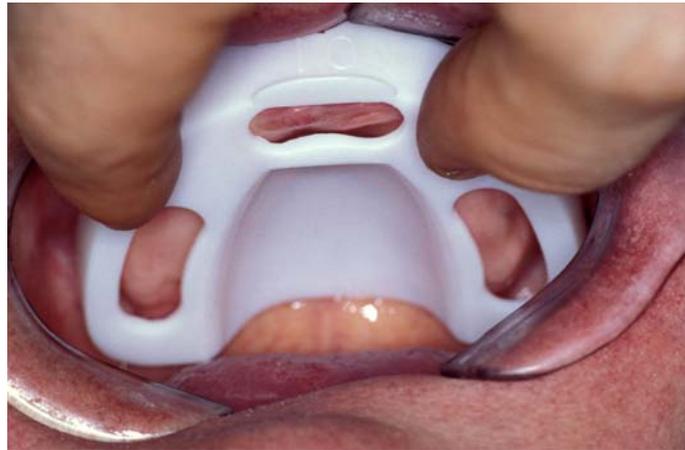


Abbildung 7 Anprobe des Oberkiefer-Löfffels

Da die Löffel erst durch die Abformung verbunden werden, besteht die Möglichkeit, die Geräte sowohl bei Normalbiss als auch bei Progenie oder Prognathie einzusetzen.

Zur Ermittlung und Fixierung der Bisshöhe werden nun die Punkte Nasale und Gnathion eingezeichnet.

Der Abstand dieser Punkte bei zwanglosem Mundschluss wird mit einem Zirkel ausgemessen oder mittels einer Schieblehre abgelesen und wird beim Schließen des Mundes während der Mundabformung als Maßstab verwendet. Hilfreich ist es weiterhin, den Patienten zu bitten, ein lang gezogenes „mm“ zu summen, da das Summen des Konsonanten „m“ physiologischerweise in der Ruhelage erfolgt. Um sicherzugehen, dass der gemessene Wert reproduzierbar ist, sollte die Messung nach einigen Lockerungsübungen, wie z.B. dem Befeuchten der Unterlippe, mehrmals wiederholt werden. Der so ermittelten Ruhelage entspricht beim bezahnten Patienten eine unbewusste

Abstandshaltung zwischen den Zahnreihen, der so genannte free way space (Caesar 1991).



Abbildung 8 Kontrolle der vertikalen Relation

Nach *Wöstmann* und *Schulz* (1989) sollte bei Vorhandensein einer alten Unterkieferprothese diese im Mund belassen werden, da bei Entfernen der Prothese die Zunge mehr Platz erhält, um sich nach lateral auszudehnen und damit an Höhe verliert. Aufgrund der Anlagerung der Zunge in der Ruhelage an das Gaumengewölbe führt dieses zu einem reduzierten vertikalen Abstand.

Die gemessene Distanz der Punkte wird nun um 2 bis 3 Millimeter vermindert und es wird überprüft, ob der Patient mit den Abformgeräten im Mund die korrekte Bißhöhe einnehmen kann, um zu gewährleisten, dass die Abformung in der richtigen vertikalen Dimension vorgenommen wird. Das Alginat wird nun in üblicher Weise angemischt und auf den Löffel gebracht, die Masse kann mit dem nassen Finger leicht vorgeformt werden. Zunächst wird nun der Unterkieferlöffel eingebracht und richtig platziert.

Das getrennte Einbringen der Löffel erlaubt eine genaue Abformung und ermöglicht die Kontrolle während der Abdrucknahme (*Marxkors 1970*).

Nachdem nun auch der obere Löffel in situ gebracht worden ist, lässt man den Patienten unter gleichzeitiger Kontrolle der Bisshöhe den Mund langsam und unverkrampft schließen bis die Lippen sich berühren. Durch das abfließende Material kommt es zu Verschlüsselungen der Abformungen miteinander, was einerseits durch die Aussparungen im Oberkieferlöffel, andererseits durch überschüssiges Material, welches sich im Vestibulum vereint, gewährleistet ist. Nach erneuter Kontrolle der Okklusionshöhe und Erhärten des Alginats kann die Abformung dem Mund entnommen werden.



Abbildung 9 Kontrolle der vertikalen Relation mit eingebrachten Ivotray-Spezial Löffeln

Hierbei ist darauf zu achten, dass der Patient den Mund nicht ruckartig öffnet, da die Abformungen häufig sehr fest am Kiefer haften und es zu einem Ausreißen der Verschlüsselung kommen kann. Vielmehr sollte der Behandler den Zeigefinger ins Vestibulum des Unterkiefers einlegen und rotierend zunächst den unteren Abdruck vom Kiefer lösen.

Dann kann der Patient den Mund öffnen und der gesamte Abdruck kann in toto entfernt werden, wobei es hilfreich sein kann, den Patienten zu bitten, die Abformung mit der Zunge herauszuschieben. Sind im Oberkiefer das Vestibulum, das Gaumendach, die Tubera, die paratubären Taschen und der Übergang vom weichen zum harten Gaumen und im Unterkiefer das Vestibulum, die Trigona retromolaria, der vordere und der hintere Sublingualraum einschließlich der crista mylohyoidea dargestellt, können die Abformungen als gelungen angesehen werden.

Sind alle anatomisch wichtigen Bereiche abgeformt, erfolgt das Einzeichnen der mutmaßlichen Löffelgrenzen unter vergleichender Kontrolle der Mundsituation, was sehr sorgfältig durchgeführt werden sollte, da sich so später größere Korrekturen der Löffelausdehnung ersparen lassen.



Abbildung 10 Abformung des Unterkiefers ohne Einzeichnung der Löffelausdehnung

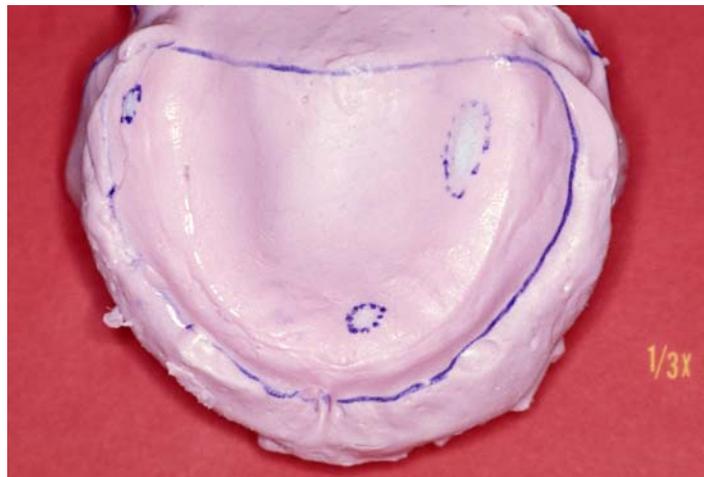


Abbildung 11 Abformung des Oberkiefers mit bereits eingezeichneter Löffelausdehnung

Das Ivotray-Verfahren verbindet somit die Abdrucknahme von Ober- und Unterkiefer mit einer vorläufigen Zuordnung der beiden Kiefer, was die Herstellung und Adaptation der Bisschablonen mit den Wachswällen erheblich vereinfacht, da sich die Anpassung der Wachswälle am Patienten sowohl in der vertikalen als auch in der zentralen Relation ansonsten häufig als sehr zeitaufwändig und kompliziert gestaltet, wenn Situationsabformungen ohne Zuordnung genommen wurden.

Nach Schäfer und Engelhardt 1972 erleichtert die Festlegung der zentralen Relation durch die SR-Ivotray-Methode das weitere Vorgehen wesentlich.

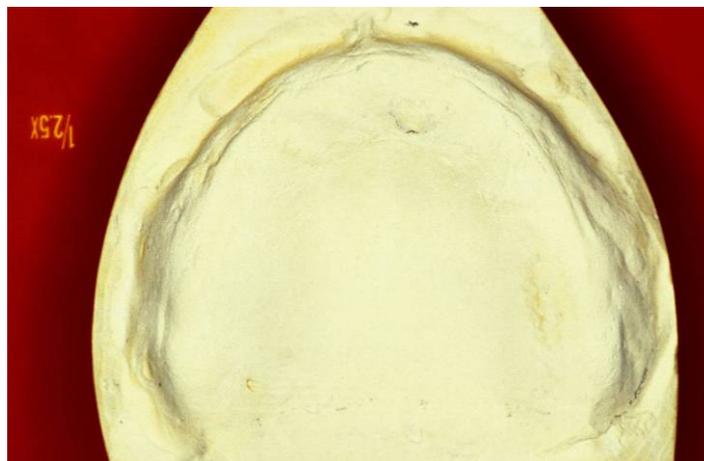


Abbildung 12 Situationsmodelle von Unter- und Oberkiefer

2.3.2 Das Centric-Tray System

Das Centric-Tray System ermöglicht die Zuordnung der Modelle bereits abgeformter Kiefer und ist indiziert bei unbezahnten sowie teilbezahnten Kiefern.

Das System besteht aus einem U-förmigen Bogen für unterschiedliche Kiefergrößen, der UTS Transferbogen-Kupplung, der Lippenstütze, einer Retentionsleiste, den Standardstützen sowie den Stützflügeln, welche individuell aufsteckbar sind (siehe Abbildung). Optional kann ein UTS-Transferbogen zur patientenbezogenen Übertragung in den Artikulator verwendet werden.



Abbildung 13 Centric-Tray mit aufsteckbaren Stützflügeln

In gewohnter Weise werden Einzelabformungen der Kiefer angefertigt und Situationsmodelle aus Gips angefertigt.

Anschließend werden die Stützflügel von dorsal auf die Retentionsleiste des Centric-Trays aufgeschoben, der Centric-Tray anprobiert sowie eventuelle Störstellen zurückgeschliffen.

Am Patienten werden nun die Punkte Gnathion und Nasale markiert und die Bisshöhe des Patienten ermittelt. Nach Feststellung der korrekten Bisshöhe wird eine Silikon-Abdruckmasse oder ein Alginat angemischt und der Centric-

Tray mit diesem beschickt. Der Centric-Tray wird jetzt seitlich in die Mundhöhle eingeführt, wobei die angefeuchteten Lippen des Patienten auf der Lippenstütze liegen. Der Mund des Patienten wird langsam bis zur markierten Bisshöhe geschlossen, anschließend lässt man das Silikon oder Alginat vollständig aushärten. Auch hier sollte zwischenzeitlich eine erneute Kontrolle der Bisshöhe stattfinden.



Abbildung 14 Abmessung der korrekten vertikalen Relation

Weiterhin ist eine patientenbezogene Übertragung in den Artikulator mittels des UTS-Transferbogens möglich. Dazu wird der Transferbogen entsprechend ausgerichtet und mit der Transferbogen-Kupplung am Ivoclar Centric-Tray befestigt. Das Registriergelenk wird fixiert und der UTS-Transferbogen abgenommen. Für die vorliegende Untersuchung wurde kein Gesichtsbogen angelegt.



Abbildung 15 Unterkiefer Abformung



Abbildung 16 Oberkiefer Abformung

Bevor Unter- und Oberkiefermodell einander zugeordnet werden, sollten die vestibulären Ränder des Beschickungsmaterials gekürzt und zum Modell eine Drei-Punkt-Auflage angestrebt werden. Anschließend wird der Sitz der vorbereiteten Modelle auf dem Beschickungsmaterial überprüft. Die Modelle werden im jeweiligen Artikulator fixiert und über die vorgegebene Relation des Centric-Trays zugeordnet. Aufgrund der möglichen Erhöhung der vertikalen Dimension aufgrund von Inkongruenzen durch Zuordnung anderer Modelle auf der Centric-Tray Abformung wurden in der vorliegenden Untersuchung die Centric-Tray Abformungen direkt ausgegossen und als Basis für die Untersuchung verwendet.

Die zu prüfende Arbeitshypothese war, dass beide Systeme - Centric-Tray und Ivotray-Spezial - zu einer identischen Kieferrelationsbestimmung führen.

2.4 Fotogrammetrie

Die Bestimmung der räumlichen Lage von Modellen in einem vorgegebenen Koordinatensystem mit mechanischen Hilfsmitteln ist problematisch, da es schwierig ist, die erforderlichen Messpunkte (mindestens 3) mit hinreichender Genauigkeit reproduzierbar entlang dreier, zueinander senkrecht stehender Koordinatenachsen zu messen.

Um die räumliche Relation der jeweiligen Ober- und Unterkiefermodelle der einzelnen Patienten auszumessen, wurde deshalb das optische Verfahren der Fotogrammetrie angewandt. Basis der fotogrammetrischen Auswertung waren Fotos der einartikulierten Modelle mit den befestigten Messplatten, die aus zwei Perspektiven fotografiert wurden (siehe Abbildung 5).

Die Ermittlung der räumlichen Relation des Oberkiefer- und Unterkiefermodells zueinander erfolgte über die bereits erwähnten Punkte auf den Messplatten für Ober- und Unterkiefer.

Die Aufgabe der Fotogrammetrie ist die dreidimensionale Rekonstruktion der Lage und Form von Objekten (*Kraus 1994*). Sie bildet auch die Basis verschiedener automatisierter optischer 3D-Messverfahren. Grundlage der fotogrammetrischen Messtechnik ist die Triangulation. Dieses bedeutet, dass ein zu vermessender Punkt aus zwei unterschiedlichen Perspektiven anvisiert und durch Bestimmung der Parallaxe, d.h. einer scheinbaren Verschiebung seiner Position bei bekannter Basislänge seine Entfernung ermittelt wird.

Dieses Prinzip lässt sich auf fotografische Aufzeichnungen übertragen, vorausgesetzt, die Abbildungseigenschaften der Kamera und ihre genaue Lage im Raum während der beiden Aufnahmen sind präzise bekannt. Eine mathematisch hinreichend genaue Beschreibung der optischen Abbildungseigenschaften üblicher Kamerasysteme ist durch die Zentralprojektion möglich. Die Abbildung wird dabei charakterisiert durch eine Bildebene sowie ein Projektionszentrum. Jeder Bildpunkt ergibt sich dann als Durchstoßungspunkt des Strahls vom Objektpunkt zum Projektionszentrum in der Bildebene.

Die Abbildungseigenschaften, d.h. die Lage der Bildebene und der Projektionszentren im Raum, werden durch numerische Ausgleichsverfahren anhand von Abbildungen eines Kalibrierkörpers mit bekannter Raumkoordinate ermittelt. Der Kalibrierkörper - im vorliegenden Fall eine Ebene mit einem regelmäßigen Punkteraster - dient hier auch zur Festlegung des Koordinatensystems, in dem die an den Modellen befestigten Messplatten eingemessen werden. Bei allen Messungen werden kreisförmige Zielmarken eingesetzt, deren Mittelpunkt durch digitale Bildverarbeitungsverfahren bestimmt wird. Dadurch ergibt sich eine wesentlich höhere Messgenauigkeit, als sie mit manuellen oder mechanischen Techniken zu erreichen wäre (*Kraus 1994, Dirksen 2003*).

Nähere Ausführungen zur Fotogrammetrie sind in der entsprechenden Fachliteratur zu finden.

2.5 Statistische Methodik

Die vom Computer ermittelten Messwerte und die patientenbezogenen Daten wurden mit dem Programm Excel 7.0 (Microsoft) sowie mit SPSS 11.0 erfasst. Die Auswertung und Verarbeitung der gewonnenen Daten erfolgte ebenfalls mit SPSS 11.0.

Als statistische Methode wurde der U-Test nach Mann und Whitney für unabhängige Stichproben gewählt, ein für diese Studie geeignetes Verfahren zur Signifikanzbestimmung der Systeme untereinander.

Um eine eventuelle Signifikanz der Behandler zu bestimmen, wurde der Wilcoxon-Test durchgeführt.

Zur Darstellung der Ergebnisse wurden die gewonnenen Daten im Box-and-Whisker-Plot dargestellt. Die „Box“ gibt die mittleren 50 Prozent aller Werte an und die „Whisker“ stellen die oberen und unteren 25 Prozent aller Werte dar, wobei die Länge der Whisker maximal das 1,5-fache der Box-Länge beträgt.

3 Ergebnisse

Frauen	5
Männer	4
Ältester Patient	87
Jüngster Patient	62
Durchschnittsalter	71,3

Tabelle 1 Zusammensetzung der Untersuchungsgruppe

Pro Patient wurden von jedem der drei Behandler je eine Abformung mit den zwei in dieser Arbeit untersuchten Systemen durchgeführt, so dass insgesamt 54 Abformungen gemacht wurden. Die 3 Behandler waren ein Oberarzt sowie zwei Studenten aus klinischen Semestern.

Zwei Abformungen (je eine Ivotray-Spezial- und eine Centric-Tray-Abformung bei Patient 2) konnten aufgrund ungünstiger Neigungswinkel der Ober- und Unterkiefermessmarken zueinander nicht fotogrammetrisch ausgewertet werden, so dass von den insgesamt 54 Modellpaaren, die im Artikulator fotografiert wurden, nur 52 fotogrammetrisch weiterbearbeitet werden konnten.

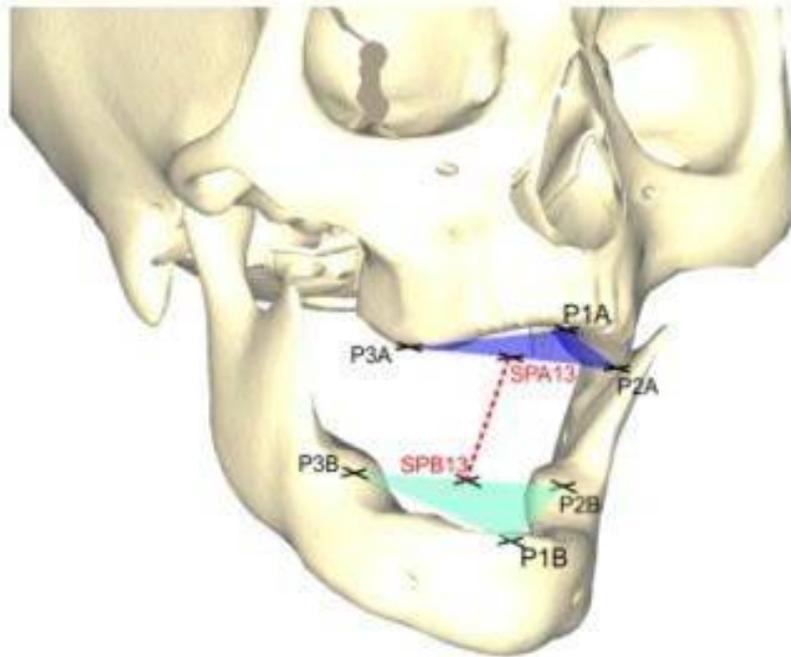


Abbildung 17 Darstellung der Messpunkte im Ober- und Unterkiefer

Die Auswertung der gewonnenen Daten basiert auf dem dAbs-Wert, dem Wert, der aus dem Betrag der Abstände der Punkte P3A-P1A (Oberkiefer) und P3B-P1B (Unterkiefer) gebildet wird (siehe auch Anhang).

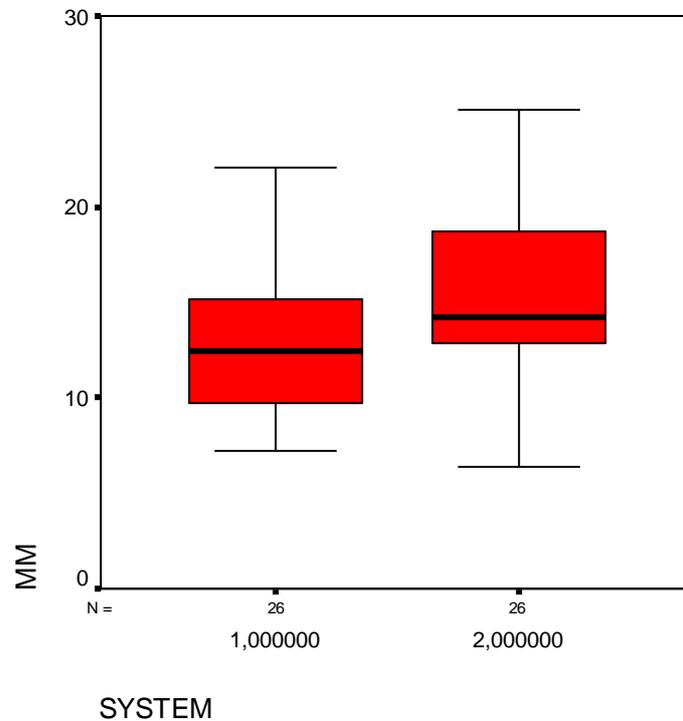


Abbildung 18: Box-and-Whisker-Plot zur Darstellung der Bisshöhe des Ivotray- und Centric-Tray-Systems in Millimetern

System 1 : Centric Tray

System 2: Ivotray

Das Diagramm lässt erkennen, dass mit dem Ivotray-Spezial System eine höhere Vertikal-Relation im Vergleich zum Centric-Tray System eingestellt wurde.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit p im Vergleich des Centric-Tray Systems zum Ivotray-Spezial System beträgt 0,035, es liegt also ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Systemen vor.

Der Wilcoxon Test ergab einen nicht signifikanten Unterschied bei der Auswertung der je nach Behandler aufgeteilten Versuchsergebnisse.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit p bei dem Vergleich der Behandler untereinander ergab bei Verwendung des Centric-Trays 0,575 bei Vergleich von Behandler 1 und Behandler 2; 0,575 bei Vergleich von Behandler 1 und Behandler 3 sowie 0,678 bei Vergleich von Behandler 2 und Behandler 3.

Das Auswerten der Messwerte für das Ivotray-System ergab bei Vergleich der Behandler 1 und 2 eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p= 0,093$, bei Behandler 1 und 3 ergab sich ebenfalls eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,093.

Bei Vergleich der Behandler 2 und 3 trat eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p= 0,678$ auf.

4 Diskussion

4.1 Unterschiede in der praktischen Anwendung beider Systeme

Die Benutzung der Ivotray-Spezial Löffel für die Situationsabformung des zahnlosen Kiefers stellt sich für den Behandler als problemlos dar. Das zweizeitige Einbringen der Löffel erlaubt eine genaue Platzierung der Löffel auf dem Alveolarkamm, durch die Fixierung des Unterkieferlöffels durch den Behandler werden alle Anteile des abzuformenden Unterkiefers erfasst, bei normaler Fixierung kommt es kaum zu Verschiebungen des Löffels gegen den Alveolarkamm.

Durch das Schließen des Patientenmundes ergibt sich durch das überschüssige Material die Verschlüsselung von Unter- und Oberkiefer.

Die Notwendigkeit, einen weiteren Abdruck vorzunehmen, ergibt sich im Wesentlichen durch nicht abgeformte Bereiche, wo dann der Löffelrand beziehungsweise Anteile des Löffels freiliegen. In solchen Fällen lässt sich durch die Wahl einer anderen Löffelgröße und durch exakte Positionierung der einzelnen Löffel eine bessere Abformung erzielen.

Weiterhin ist die Ausdehnung der Ivotray-Spezial Löffel ausreichend genug, um das zur Abformung benutzte Alginat zu stützen und somit alle relevanten Bereiche, welche zur Herstellung der Modelle für individuelle Löffel nötig sind, abzuformen.

Bei Anwendung des Centric-Trays zur Zuordnung der durch Situationsabformungen der Einzelkiefer hergestellten Modelle lassen sich einige Schwierigkeiten feststellen. Beim Aufbringen des Alginats auf den Centric-Tray ist aufgrund der Gestaltung des Löffels nicht immer eine ausreichende Abstützung des Materials vorhanden, so dass ein Teil der Abformmasse wieder aus dem Tray herausgelangt. Das Einbringen des Trays in den Patientenmund gestaltet sich besonders bei Patienten mit leicht eingeschränkter oder kleiner Mundöffnung als schwierig, da der Löffel leicht rotierend eingebracht werden

muss und bei diesem Vorgang Teile der Abformmasse verloren gehen. Des Weiteren ist die Fixierung des Trays im Unter- aber auch im Oberkiefer nur begrenzt möglich, da der Löffel nicht vertikal auf den Alveolarkämmen fixiert werden kann, sondern an den Außenrändern in Position gehalten werden muss. Etwaige Fehlpositionen der Löffel, die in der Regel bei einzeitiger Platzierung der Löffel bemerkt und korrigiert werden können, werden in diesem Fall leicht nicht zur Kenntnis genommen. Aufgrund des Aufbaus des Centric-Tray hat die benutzte Abformmasse im distalen Anteil kaum Abstützung, so dass dort häufig Material fehlt oder verdrängt ist.

Weiterhin ist bei der Anwendung des Centric-Trays eine ausgeprägte Verdrängung des Abformmaterials durch die Zunge zu beobachten, was aufgrund der empfohlenen Einzelabformungen der Kiefer vor Bissnahme mit Centric Tray sicherlich keine großen Auswirkungen hat, aber auch nicht zu vernachlässigen ist.

Bei vorheriger Abdrucknahme der Kiefer mit konfektionierten Löffeln und anschließender provisorischer Bissnahme mit Centric-Tray darf weiterhin die benötigte Zeit zur Modellherstellung nicht außer Acht gelassen werden. Da Alginate nach kurzer Zeit ausgegossen werden sollten, weil es bei trockener Lagerung ansonsten zu Verdunstung des enthaltenen Wassers und damit zur Kontraktion der Abdruckmasse kommt, erscheint die vorausgehende Modellherstellung mit nachfolgender Zuordnung schwierig. Auch bei Lagerung der Abformung in einem Hygrophor kann es zu geringfügigen Volumenschwankungen kommen.

Aufgrund der zweizeitigen Methode zur Herstellung der Modelle für die individuellen Löffel, also dem Herstellen der Modelle und anschließender Zuordnung über eine zweite Abformung kann es zur Addition verschiedener Fehler kommen, da die Abformung für die Zuordnung aus den beschriebenen Gründen weniger genau ist und weiterhin ein gewisser Spielraum beim Zuordnen der Modelle besteht, was bedeutet, dass die Modelle nicht hundertprozentig eindeutig zu positionieren sind.

Bei geübten Anwendern ist der Zeitaufwand bei Anwendung des Ivotray-Spezial Systems deutlich geringer als bei der Benutzung des Centric-Tray Systems, da

Situationsabformung sowie Kieferrelationsbestimmung in einem Schritt durchgeführt werden können. Daher sollte bereits bei der Anprobe der Löffel auf Passgenauigkeit geachtet werden, um mögliche Fehlstellen bereits von Beginn an zu minimieren.

Das bei beiden Abformsystemen benutzte Abformmaterial Alginat hat sich als Material für Situationsabformungen bewährt, da weiches Gewebe verdrängt wird, funktionell angespanntes Gewebe jedoch das Alginat verdrängt und Alginat weiterhin eine für entsprechende Abformungen ausreichende Fließfähigkeit hat. Diese Eigenschaften qualifizieren Alginat im Vergleich zu Silikonen, welche allerdings ebenfalls zur Situationsabformung benutzt werden können und werden.

4.2 Untersuchungsergebnisse

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden untersuchten Systemen und lässt deutlich eine Tendenz zur höher eingestellten (Ivotray-Spezial) beziehungsweise zur niedriger eingestellten (Centric-Tray) Bisshöhe erkennen. Geht man von der provisorischen Kieferrelationsbestimmung als erstem Schritt in der Herstellung einer totalen oberen und unteren Prothese aus, sollte diese als verlässliche Basis zum weiteren Vorgehen dienen. Die Wahl des Abformsystems zur Situationsabformung beeinflusst also bereits die Validität der nachfolgenden Schritte in der Prothesenanfertigung beziehungsweise der Patientenbehandlung. Umso wichtiger ist deshalb die korrekte Kieferrelationsbestimmung, die als eine der größten Herausforderungen an den Zahnarzt bei der Neuanfertigung totaler Prothesen im Ober- und im Unterkiefer zu betrachten ist und deren Bestimmung im ersten Schritt der Behandlung des zahnlosen Patienten nachfolgende Schritte beeinflusst. Die Genauigkeit der Kieferrelationsbestimmung nimmt direkten Einfluss auf die langfristige Wiederherstellung der Funktion des Kausystems mit Schonung des Prothesenlagers vor schädigenden Einflüssen. Je exakter die

Kieferrelationsbestimmung ist, desto geringer wirken Drehmomente auf die Prothese, die Druckbeanspruchung der Gewebe des Prothesenlagers ist kleiner, das Trauma und die Resorption der beanspruchten Gewebe werden verringert. Die Haftung der Prothese in der Funktion wird optimiert (*Huber und Kobes 1995*).

Die Methoden zur Festlegung der vertikalen Relation kommen hauptsächlich in Kombination der Bissnahme mit Wachswällen auf individuellen Löffel zur Anwendung. Da es sich bei den Löffeln mit Wachswällen um plastisch deformierbare Körper handelt und nicht um weiche Massen, treten aufgrund der Auslenkung des Unterkiefers und des verstärkten Drucks auf das Tegument dislozierende Kräfte auf. Es kann zu vom Behandler unbemerkten verfrühten und verstärkten Kontakten zwischen den Wachswällen kommen; aufgrund der Resilienz der Schleimhaut und der Distraction oder Kompression in einem oder beiden Kiefergelenken können auch ungleichmäßige Wachswälle gleichmäßigen Kontakt vortäuschen (*Huber und Kobes 1995*). Es ist keine sichere Beurteilung möglich, ob der Unterkiefer durch die Bisswälle in eine Zwangslage gebracht wird und ob die Kondylen in zentrischer Position stehen (*Kühl und Frank 1966*). Bei aktivem Kieferschluss führt ein einseitig etwas zu hoher Bisswall bei entsprechender Nachgiebigkeit des Kiefergelenks nicht zu einem Klaffen der Bisswälle auf der Gegenseite. Entsprechend weisen Prothesen, die nach einer solchen Bissnahme hergestellt werden, eine einseitige Bisserhöhung auf, die sich aber weder durch eine Spatelprobe noch durch Artikulationspapier sichtbar machen lässt (*Kühl 1968*).

Auswirkungen sind regionale Überbelastungen des Prothesenlagers, Fehlstellung der Kondylen sowie asymmetrische Kaumuskelaktionen.

Insbesondere unter diesen Gesichtspunkten wird deutlich, dass eine vorläufige Bestimmung der vertikalen Relation oben genannten Problemen vorbeugen kann und somit die weitere Behandlung vereinfachen und vervollständigen kann.

Klang verglich 1985 durch zwei Herstellungsverfahren den Einfluss von Registrierbehelfen auf die Erhöhung der Erfolgssicherheit bei der Anfertigung von totalem Zahnersatz. Bei Patienten mit normalen Bisslagenverhältnissen

zeigte sich, dass mit der Ivotray-Spezial Abformung eine Bissnahme möglich ist, bei der die Kondylen gesunder Gelenke nicht aus der zentralen Relation verlagert werden, so dass die damit gewonnene Position des Unterkiefers zum Oberkiefer auch weiter über eine Kieferrelationsbestimmung auf Grundlage der Funktionsabformung mit Wachswällen und Bissschlüsseln reproduziert und aufrecht erhalten werden kann.

Die aufgezeigten Quellen unterstreichen die klinische Relevanz unserer Untersuchung.

Die von uns im Vergleich der Systeme festgestellten Unterschiede in der vertikalen Dimension sind signifikant, Unterschiede zwischen den Behandlern sind nicht signifikant.

Eine mögliche Ursache sehen wir in der Differenzmessung, die beim Centric Tray durch die Lippenstützen nicht unter entspanntem Lippenkontakt erfolgen kann, so dass bei der Abformung die Messpunkte erst bei einer stärkeren Annäherung der Kiefer den voreingestellten Abstand erreichen.

Die erkennbaren Unterschiede zur höheren beziehungsweise zur niedrigeren Bisshöhe können bei den nachfolgenden Schritten in der Herstellung der Totalprothese berücksichtigt werden, um verfahrens- und materialimmanente Fehlerquellen ausgleichen zu können und so vermehrten Aufwand wie beispielsweise mühsames Einschleifen so gering wie möglich zu halten. Da einige Verarbeitungsverfahren zum Überführen der totalen Prothesen in Kunststoff in Bezug auf die Prothesengenauigkeit eher eine Tendenz zur Bisserrhöhung der fertigen Prothesen aufweisen, ist der Ausgleich durch ein Abformsystem mit Tendenz zur geringeren Bisshöhe denkbar. Wird aber als Abformverfahren eine Methode gewählt, die eine tendenziell erhöhte Bisshöhe aufweist, kann auch dieses bei der weiteren Vorgehensweise berücksichtigt werden, indem spätere okklusale Korrekturen nur noch abtragend erfolgen.

Natürlich bedürfen die in ihrer Größe nicht vorhersagbaren verfahrens- und materialimmanenten Fehler durch Differenzmessungen in späteren Phasen der Behandlung der Kontrolle.

Insgesamt erscheint es sinnvoller, bereits bei der Situationsabformung eine leichte Bisserrhöhung in Kauf zu nehmen, da es sich für den Behandler im

nachfolgenden Schritt der Bissnahme mit Wachswällen als deutlich einfacher darstellt, an den laborgefertigten Wachswällen zu reduzieren und gleichmäßigen Kontakt zu erlangen, als während der Behandlung Wachs aufzutragen. Bei dem Versuch, sukzessive minimale Erhöhungen in Wachs vorzunehmen, ist die Gefahr der unbemerkten, verfälschten Bissnahme deutlich erhöht.

In Anbetracht der untersuchten Methode sind Nachfolgeuntersuchungen nötig, die die klinische Relevanz dieser Methode im Vergleich zur muskulären und skelettalen Messung überprüfen.

Gefordert sind Studien, die eine Korrelation der verschiedenen Möglichkeiten zur Bestimmung der Bisshöhe und dem erzielten Behandlungserfolg herstellen und verschiedene Bisshöhen hinsichtlich der Verträglichkeit der Patienten überprüfen.

5 Zusammenfassung

Trotz stetiger Weiterentwicklung stellt die suffiziente Versorgung des zahnlosen Patienten weiterhin hohe Ansprüche an den behandelnden Zahnarzt.

Diese hat insbesondere deshalb einen hohen Stellenwert, da viele unterschiedliche Methoden zur Herstellung von Totalprothesen existieren, die aber alle eine Situationsabformung der zahnlosen Kiefer zur Voraussetzung haben.

In dieser Arbeit wurden zwei Abformsysteme zur Situationsabformung mit orientierender Kieferrelationsbestimmung miteinander verglichen, um zu prüfen, ob beide Systeme – Ivotray-Spezial und Centric-Tray - zu einer vergleichbaren Kieferrelationsbestimmung führen.

Zu diesem Zweck wurde von drei Behandlern jeweils mit beiden Systemen bei neun Probanden eine Situationsabformung und damit auch eine orientierende Kieferrelationsbestimmung durchgeführt. Nach Modellherstellung und Einbringen von Ober- und Unterkiefermodell in einen Artikulator wurde durch das optische Verfahren der Fotogrammetrie die räumliche Relation der Modelle zueinander bestimmt und ausgewertet.

Es ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Systemen.

Da für die „korrekte“ Kieferrelation, insbesondere für die vertikale Dimension, verschiedene Ansätze (z.B. Cephalometrie oder Differenzmessung) existieren, ist eine Entscheidung, welches Verfahren die besseren Ergebnisse liefert, von der Zielsetzung abhängig und kann deswegen nicht allgemeingültig in dieser Arbeit beurteilt werden.

Bei dem Ivotray-Spezial System wurde im Vergleich zum Centric-Tray System eine Tendenz zur Erhöhung der Vertikaldimension festgestellt, was in den nachfolgenden Schritten der Prothesenherstellung berücksichtigt werden kann.

6 Literaturverzeichnis

- (1) Balkenhol, Markus (1995) Überlebenszeit und Nachsorgebedarf von totalen Prothesen. Inaugural-Dissertation.
- (2) Basker, R.M., Davenport, J.C., Tomlin, H.R. (1992) Prosthetic treatment of the edentulous patient. 3.Edition 68-70 London:Macmillan Education.
- (3) Basker, R-M.; Odgen., A-R.; Ralph, J-P.(1993) Complete denture prescription - an audit of performance. Br Dent J 1993; 174(8):274-84.
- (4) Borchers, L.; Jung, T.; Kpodzo-Yamoah, E.; Masterson, J. (1979) Zur Reproduzierbarkeit der Relationsbestimmung. Dtsch Zahnarztl Z 1979; 34(8):599-602.
- (5) Bissau, M. (1999) Use lingual frenulum in determining the original vertical position of mandibular anterior teeth. J Prosthet Dent 1999; 82(2):177-81.
- (6) Breustedt, A. ; Hoffmeier, S. (1969) Erfahrungen mit der individuellen Abformung des Lippen-Zungen-Raumes beim Zahnlosen. Dtsch Stomatol 1969; 19(5):352-8.
- (7) Caesar, H-H. (1991) Totalprothesen nach biogenem Vorbild- Mundgeschlossene Abformung und intraorale Bissregistrierung. Dent Labor(Munch) 1991; 39(3):355-8, 361-2, 364 passim.
- (8) Besimo C., Graber G., Stutz F. (1993) Abform- und Übertragungsmethode für schwierige totalprothetische Fälle. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1993 Vol. 7:874-80.

- (9) Carossa, S. ; Catapano, S.; Scotti, R. ; Preti, G. (1990) The unreliability of facial measurements in the determination of the vertical dimension of occlusion in edentulous patients. J Oral Rehabil. 1990; 17(3):287-90.
- (10) Dirksen, D. (2003) Erfassung und Analyse von Tiefenbildern für Anwendungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Shaker Verlag Aachen.
- (11) Duncan, J-P. ; Taylor, T-D. (2001) Teaching an abbreviated impression technique for complete dentures in an undergraduated dental curriculum. J Prosthet Dent 2001; 85(2):121-5.
- (12) Engelhardt, J-P. (1970) Die intraorale Registrierung der zentralen Relation beim zahnlosen Kiefer in Verbindung mit der geschlossenen Mundabformung der SR-Ivotray-Methode. ZWR 1970; 79(5):191-7.
- (13) Fayz, F. ; Eslami, A. (1988) Determination of occlusal vertical dimension: A literature review. J Prosthet Dent 1988; 59(3): 321-23.
- (14) Figgenger, L. (1989) Ausgewählte Kapitel zur Totalprothetik. Schriftenreihe der Zahnärztekammer Westfalen Lippe. Verlag Manfred Wessels.
- (15) Franz, G. ; Graber, G. ; Jüde, H.D. ; Körber, E. ; Lehmann, K.M. ; Rossbach, A. ; Schwenger, N. ; Weber, H. (1994) Prothetik und Werkstoffkunde. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York.
- (16) Gasser, F. (1974) Vorbereitung des Prothesenlagers und Abdruckverfahren beim totalen Zahnersatz. Präprothetische Eingriffe am Zahnlosen. Zahnarztl Prax 1974; 25(2):42-5.
- (17) Gauthier, G. ; Williams, J-E. ; Zwemer, J-D. (1992) The practice of complete denture prosthodontics by selected dental graduates. J Prosthet Dent 1992; 68(9):308-13.

- (18) Genieser, A. ; Jakstat, H. (1990) Arbeitsweisen und Materialien bei der Herstellung totaler Prothesen. Dtsch Zahnarzt Z 1990; 45(9):559-60.
- (19) Geering, A.H. ; Kundert, M. (1986) Total- und Hybridprothetik . Stuttgart; New York Thieme Verlag.
- (20) Gerber, A. ; Haschke, P. ; Musil, R. (1974) Eine methodische Überprüfung der mundgeschlossenen Abformung mit gleichzeitiger Bissregistrierung hinsichtlich ihrer Praxisreife- ein Beitrag zur Rationalisierung der Versorgung zahnloser Patienten. Stomatol DDR 1974; 24(1):23-34.
- (21) Gründler, Stüttgen (1995) Die Totalprothese. Verlag Neuer Merkur München.
- (22) Hamada, M.-O. (1986) Spray-sprinkle-on technique for stabilized complete denture record base fabrication. J Prosthet Dent 1986; 56(5):641-4.
- (23) Hammond R. J. ; Beder O.E. (1984) Increased vertical dimension and speech articulation errors. J Prosthet Dent 1984; 53:401-6.
- (24) Hardtmann, G. ; Pröschel, P. ; Ott, R.W. (1989) Kaukräfte und maximale Kieferschließkräfte von Totalprothesenträgern vor und nach Bisshebung. Dtsch Zahnärztl Z 1989; 44;26-29.
- (25) Heymer, M.-E. (1970) Ein neues rationelles Verfahren zur Herstellung von Vollprothesen mit geschlossener Mundabformung, Funktionsabdruck und Bissregistrierung. Dtsch Zahnärztl Z. 1970; 25(2):242-6.
- (26) Hoffmann, W. ; Bomberg, T-J. ; Hatch, R-A. ; Benson, B-W. (1985) Complete dentures: A review. Quintessence Int. 1985; 16(5):349-55.
- (27) Hofman, M. (1973) Die Herstellung totaler Prothesen nach dem All-Oral-Verfahren. Dtsch Zahnärztl Z .1973; 28(9):877-94.

- (28) Holstermann, G.-J. (1978) Die Abformung des zahnlosen Kiefers. ZWR 1978; 87(14):677-81.
- (29) Holstermann, G.-J. ; Bocker, L. (1977) Die totale Prothese: Biotechnische Arbeitsgänge (III) SR-Ivotray-Verfahren. Quintessenz Zahntech. 1977; 3(6):9-17.
- (30) Huber, H.P. ; Kobes, L.W.R. (1995) Die Totalprothese. Hanser Verlag München.
- (31) Hyde, T.P. ; McCord, J.F. ; (1999) Survey of prosthodontic impression procedures for complete dentures in general dental practice in the United Kingdom. J Prosthet Dent 1999; 81(3);295-98.
- (32) Ismail, Y.H. ; George, W.A. ; Sassouni, V. ; Scott, R.H. (1968) Cephalometric study of the changes occurring in the face height following prosthetic treatment, Part 1: Gradual reduction of both occlusal and rest face heights. J Prosthet Dent 1968; 19:321-30.
- (33) Jacob, R-F. (1998) The traditional therapeutic paradigm:complete denture therapy. J Prosthet Dent 1998; 79(1):6-13.
- (34) Jagger, J-H. ; Javid, N-S. ; Colaizzi, F-A. (1985) Complete denture curriculum survey of dental schools in the United States. J Prosthet Dent 1985; 53(5): 736-9.
- (35) Jahn, E. (1966) Die mucodynamische Ex-3-N-Methode für die funktionelle Abformung zahnloser Kiefer. Selbstverlag des Autors.
- (36) Klein, I-E. ; Goldstein, B-M. (1984) Physiologic determinants of primary impressions for complete dentures. J Prosthet Dent 1984; 51(5):611-6.

- (37) Klang, K.D. (1985) Die okklusalen Verhältnisse totaler Prothesen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Methoden der Bissnahme. Inaugural Dissertation.
- (38) Koran, A. 3rd (1980) Impression materials for recording the denture bearing mucosa. Dent Clin North Am 1980; 24(1):97-111.
- (39) Kraus, K. (1994) Photogrammetrie -Grundlagen und Standardverfahren. Dümmler-Verlag Bonn 1994.
- (40) Kühl, W. (1968) Die bisswallbedingte Kiefergelenksdistraction und ihre Konsequenzen für das Einschleifen totaler Prothesen. Dtsch Zahnärztl Z. 1968; 23(3):382-85.
- (41) Kühl, W. ; Frank, H.G. (1966) Untersuchungen zur Bissnahme für totalen Zahnersatz. Dtsch Zahnärztl Z. 1966; 21(12):1384-90.
- (42) Kühl, W. ; Rossbach, A. (1968) Untersuchungen zur Bissnahme bei Zahnlosen. Dtsch Zahnärztl Z. 1968; 23(12):1393-6.
- (43) Marxkors, R. (2000) Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik, 142-143, 2000, 3. Auflage, Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV/Hanser Köln München.
- (44) Marxkors, R. ; Schmiing, H. (1970) Die Ivotray-Methode. ZWR 1970; 79(12):505-12.
- (45) Mersel, A. (1989) Gerodontology- a contemporary prosthetic challenge. 1. Mandibular impression technique. Gerodontology 1989 ; 8(3):79-81.
- (46) Meiners, H. ; Marxkors R. (1993) Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde. 89-91 4. Auflage Carl Hanser Verlag München Wien.

- (47) Mohindra, N.K. (1996) A preeliminary report on the determination of the vertical dimension of occlusion using the principle of the mandibular position in swallowing. Br Dent J 1996; 180 (9):344-84.
- (48) Musil, R. (1979) Die Abformung des zahnlosen Mundes unter besonderer Berücksichtigung der mundgeschlossenen Abformung mit gleichzeitiger Relationsbestimmung. Stomatol DDR 1979; 29(6):488-96.
- (49) Palla, S. (1993) Vertikale Kieferrelation und Totalprothetik. Die Pro-Cor-Methode: ein Verfahren für das provisorische Einartikulieren der Modelle zur vereinfachten Modellation der Wachswälle. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 1993; 103(5):596-604
- (50) Pyott, J.E. ; Schaeffer, A. (1953) Centric relation and vertical Dimension by cephalometric roentgenograms. J Prosthet Dent 1953; 4(1): 35-41.
- (51) Rasche, K. (1982) Die gleichzeitige bimaxilläre Situationsabformung (Ivotray spezial) bei zahnlosen Patienten mit Knochen- und Weichgewebedefekt im Kiefer- Gesichtsbereich. ZWR 1982; 91(5):44-48.
- (52) Schaefer, M. ; Engelhardt, J.-P. (1972) Untersuchungen zur Frage der intraoralen Registrierung der zentralen Kieferrelation am zahnlosen Patienten in Verbindung mit der geschlossenen Mundabformung. ZWR 1972; 81(4):162-8.
- (53) Shanahan, T.E.J. (1955) Physiologic Jaw Relations and Occlusion of complete dentures. J Prosthet Dent 1955; 5(3):319-24.
- (54) Schulz, H.H. (1992) Die totale Prothese. Verlag Neuer Merkur München.
- (55) Schwarzkopf, H. (1969) Erhaltung der anatomische Mundeinheit, Erstellung von Erst- und Funktionsabdrücken und Bissregistrierung in einer Arbeitssitzung. Wis Med J 1969; 68(12):39-42.

- (56) Schweitzer, J.M. (1981) An evaluation of 50 years of reconstructive dentistry. Part 1 : Jaw relations an occlusion. J Prosthet Dent 1981; 45(4):383-8.
- (57) Silverman, M. M. (1952) The speaking method in measuring vertical dimension. J Prosthet Dent 1952; 3(2): 193-99.
- (58) Strub, J.R. ; Türp, J.C. ; Witkowski, S. ; Hürzeler, M.B. ; Kern, M. (1999) Curriculum Prothetik Quintessenz Verlags-GmbH.
- (59) Talbot, T-R. ; Hemmings, K.-W. (1993) Jaw records for the edentulous patient made easier. J Prosthet Dent 1993; 69(3):349-50.
- (60) Walter, J.D. (1970) Complete dentures for patients exhibiting mandibular prognathism. Br Dent J 1970; Jan(6) 27-31.
- (61) Wöstmann, B. ; Schulz, H.H. (1989) Die totale Prothese Deutscher Ärzte Verlag Köln.

7 Anhang

7.1 Danksagung

Für die Überlassung des Themas und die freundliche, geduldige und umfassende Unterstützung möchte ich mich besonders bei Herrn PD Dr. Ch. Runte bedanken.

Ebenso danke ich Herrn PD Dr. D. Dirksen für die nette, umfangreiche Hilfe und Mitwirkung v.a. bei der fotogrammetrischen Auswertung und dem Labor für Biophysik für die Benutzung der Messgeräte und Computer.

Dank gebührt auch den Patienten, die als Probanden an der Studie mitgewirkt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern für ihre Unterstützung und Geduld!

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Der zahnlose Oberkiefer	6
Abbildung 2	Der zahnlose Unterkiefer	6
Abbildung 3	Messmarke für den Oberkiefer	22
Abbildung 4	Messmarke für den Unterkiefer	23
Abbildung 5	Versuchsaufbau im Artikulator	24
Abbildung 6	Ivotray-Spezial Löffel	27
Abbildung 7	Anprobe des Oberkiefer-Löffels	28
Abbildung 8	Kontrolle der vertikalen Relation	29
Abbildung 9	Kontrolle der vertikalen Relation mit eingebrachten Ivotray-Spezial Löffeln	30
Abbildung 10	Abformung des Unterkiefers ohne Einzeichnung der Löffelausdehnung	31
Abbildung 11	Abformung des Oberkiefers mit bereits eingezeichneter Löffelausdehnung	32
Abbildung 12	Situationsmodelle von Unter- und Oberkiefer	33
Abbildung 13	Centric-Tray mit aufsteckbaren Stützflügeln	34
Abbildung 14	Abmessung der korrekten vertikalen Relation	35
Abbildung 15	Unterkiefer Abformung	36
Abbildung 16	Oberkiefer Abformung	36
Abbildung 17	Darstellung der Messpunkte für Ober- und Unterkiefer	42
Abbildung 18	Box-and-Whisker-Plot zur Darstellung der Bisshöhe des Ivotray- und Centric-Tray –Systems in Millimetern	43

4. Winkel zwischen P3B und x-z-Ebene (Rotation um z-Achse) wird berechnet

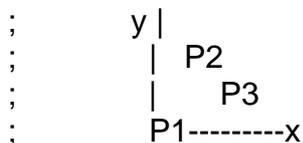
$$wP3yx = \text{atan}(p3Bt(1,*), p3Bt(0,*)) ; p3Bt_y / p3Bt_x$$

5. Winkel zwischen P3B und y-z-Ebene (Rotation um y-Achse) wird berechnet

$$wP3zx = \text{atan}(p3Bt(2,*), p3Bt(0,*)) ; p3Bt_z / p3Bt_x$$

6. Die Daten werden in der Datei Resutate.dat in folgender Form abgespeichert

behandlernr messnr rahmennr dsp_x dsp_y dsp_z dAbs wP2zy wP3yx
wP3zx err



; dsP = Abstand Schwerpunkte P1A-P3A - P1B-P3B (jeweils mit
Komponenten x, y, z)

; dabs = Betrag Abstand Schwerpunkte P1A-P3A - P1B-P3B

; wP2zy, wP3yx, wP3zx = die drei oben angegebenen Winkel

; err = der mittlere Fehler bei der Messung der Koordinaten

Alle Koordinatenwerte in mm, alle Winkel in Grad

Auswertung der fotogrammetrischen Daten

Patient	System	Behandler	Fotogrammetrisch ausgewertet
1	Ivotray	1	Ja
1	Ivotray	2	Ja
1	Ivotray	3	Ja
1	Centric	1	Ja
1	Centric	2	Ja
1	Centric	3	Ja
2	Ivotray	1	nicht auswertbar
2	Ivotray	2	Ja
2	Ivotray	3	Ja
2	Centric	1	nicht auswertbar
2	Centric	2	Ja
2	Centric	3	Ja
3	Ivotray	1	Ja
3	Ivotray	2	Ja
3	Ivotray	3	Ja
3	Centric	1	Ja
3	Centric	2	Ja
3	Centric	3	Ja
4	Ivotray	1	Ja
4	Ivotray	2	Ja
4	Ivotray	3	Ja
4	Centric	1	Ja
4	Centric	2	Ja
4	Centric	3	Ja
5	Ivotray	1	Ja
5	Ivotray	2	Ja
5	Ivotray	3	Ja
5	Centric	1	Ja
5	Centric	2	Ja
5	Centric	3	Ja
6	Ivotray	1	Ja
6	Ivotray	2	Ja
6	Ivotray	3	Ja
6	Centric	1	Ja
6	Centric	2	Ja
6	Centric	3	Ja
7	Ivotray	1	Ja
7	Ivotray	2	Ja
7	Ivotray	3	Ja
7	Centric	1	Ja
7	Centric	2	Ja
7	Centric	3	Ja
8	Ivotray	1	Ja
8	Ivotray	2	Ja
8	Ivotray	3	Ja
8	Centric	1	Ja
8	Centric	2	Ja
8	Centric	3	Ja
9	Ivotray	1	Ja
9	Ivotray	2	Ja
9	Ivotray	3	Ja
9	Centric	1	Ja
9	Centric	2	Ja
9	Centric	3	Ja

